



EESTI MAAÜLIKOOL
Metsandus- ja maaehitusinstituut

Mariliis Pahva

**LAGERAIEJÄRGSELT PROOVITÜKKIDE
TAASRAJAMINE EESTI METSA KASVUKÄIGU
PÜSIPROOVITÜKKIDE VÕRGUSTIKUS**
REESTABLISHMENT OF FOREST SAMPLE PLOTS IN
ESTONIAN NETWORK OF FOREST SAMPLE PLOTS AFTER
DEFORESTATION

Bakalaureusetöö
Loodusvarade kasutamine ja kaitse õppekava

Juhendajad: nooremteadur Vivika Kängsepp, *MSc*
dotsent Diana Laarmann, *PhD*

Tartu 2019

Eesti Maaülikool Kreutzwaldi 1, Tartu 51006		Bakalaureusetöö lühikokkuvõte	
Autor: Mariliis Pahva		Õppekava: Loodusvarade kasutamine ja kaitse	
Pealkiri: Lageraiejärgselt proovitükkide taasrajamine Eesti metsa kasvukäigu püsiproovitükkide võrgustikus			
Lehekülgi: 54	Jooniseid: 42	Tabeleid: 2	Lisasid: 0
Õppetool: Metsakorralduse ja metsatööstuse õppetool ETIS-e teadusvaldkond ja CERC S-i kood: B430 Metsakasvatus, metsandus, metsatehnoloogia Juhendajad: Vivika Kängsepp, Diana Laarmann Kaitsmiskoht ja -aasta: Tartu, 2019			
<p>Eesti metsa kasvukäigu püsiproovitükkide võrgustiku rajamist alustati 1995. aastal. Praeguseks ajaks asub enamus püsiproovitükke keskealistes või vanemates puistutes ning puudub andmestik noorte puistute kohta, mille keskmine rinnasdiameeter on alla 4 cm. Bakalaureusetöö eesmärgiks oli rajada lageraie läbinud endistele Eesti metsa kasvukäigu püsiproovitükkidele uued noorendike proovitükid. Selleks kasutati uut proovitükkide rajamis- ja mõõtmismetoodikat.</p> <p>Eesmärgi täitmiseks rajati 2018. aasta suvel ja 2019. aasta kevadel püsiproovitükid kuusikusse, männikusse, haavikusse ja kaasikusse, olles esimeseks sammuks täitmaks puuduvat andmestikku. Saadud andmestik on alguseks noorte puistute kasvukäigu uurimisteks. Proovitükkidel mõõdeti ära 1,3-meetrised ja kõrgemad tulevikupuistus kasvavad puud. Kõikidel puudel mõõdeti rinnasdiameeter, kaugus proovitüki tsentrist ja asimuut. Mudelpuudel mõõdeti lisaks kõrgus ja elusa võra alguse kõrgus. Lisaks mõõdetud puudele hinnati proovitükil alla 1,3 meetri kõrguste puude hulk, tehes selleks loendusruute. Proovitükkidel kasvanud puude hilisemaks kirjeldamiseks kasutati statistikapaketti R. Proovitükkide omavaheliseks võrdlemiseks kasutati <i>MS Excel</i>’i andmeanalüüsipakettide vahendeid. Võrreldi puude kõrguste ja rinnasdiameetrite keskmisi väärtusi proovitükkide lõikes. Samuti analüüsiti puude andmete varieeruvust iga eraldise lõikes.</p> <p>Kuusiku ja männiku püsiproovitükkide analüüsist selgus, et proovitükid ei ole uuenenud ühtlaselt. Kuusiku proovitükid olid rajatud istutatud alale, kus ebaühtlane uuenemine võis olla tingitud maapinna ebapiisavast ettevalmistusest või kevadkülmadest, mida kuuseistikud ei talu. Männiku proovitükid olid looduslikult uuenenud, mistõttu puude paiknemise ebaühtlus võis tuleneda seemne levikust, maapinna ebapiisavast ettevalmistusest ja valgustusraie kvaliteedist. Haaviku proovitükid ja kaasiku proovitükid olid ühed liigirohkemad. Haaviku proovitükkidel ja kuusiku proovitükkidel kasvas rohkelt kannuvõsu. Ainult haaviku proovitükkidel ei erinenud keskmised kõrgused ja ainult kuusiku proovitükkidel ei erinenud keskmised rinnasdiameetrid. Rinnasdiameetrite varieeruvus tõestas mitme proovitüki rajamise vajalikust ühele eraldisele.</p>			
Märksõna: noorendik, kasvukäik, puistu areng			

Estonian University of Life Sciences Kreutzwaldi 1, Tartu 51006		Abstract of Bachelor's Thesis	
Author: Mariliis Pahva		Curriculum: Natural Resources Management	
Title: Reestablishment of forest sample plots in Estonian Network of Forest Sample Plots after deforestation			
Pages: 55	Figures: 42	Tables: 2	Appendixes: 0
Chair: Chair of Forest Management Planning and Wood Processing Technologies Field of research and (CREC S) code: B430 Silviculture, forestry, forestry technology Supervisors: Vivika Kängsepp, Diana Laarmann Place and date: Tartu, 2019			
<p>Estonian Network of Forest Sample Plots was established in 1995. Today most sample plots are in middle-aged or older stands and there is no data of young stands where mean diameter at breast height is under 4 cm. The aim of current thesis is to get data of young stands by reestablishing forest sample plots of Estonian Network of Forest Sample Plots after deforestation. For this new establishing and measuring method was used.</p> <p>To achieve the aim of current thesis permanent sample plots were established in 2018 summer and 2019 spring in spruce, pine, aspen and birch young stands, being the first step of fulfilling the missing data. Received data is beginning of studies of young stands' growth. All trees over 1,3 meters were measured by breast height diameter, distance from sample plot center and azimuth. Model trees were also measured by height and live crown ratio. In addition to measured trees, trees under 1,3 meters were assayed doing counting squares. To describe measured trees from sample plots statistical package R was used. Analysis package of MS Excel was used to compare sample plots. Mean heights and breast diameters were compared by sample plots and also measurement result variability was analysed.</p> <p>In spruce and pine sample plots' analysis showed that sample plots were not regenerated evenly. Spruce sample plots were afforested area therefore uneven regeneration could have been affected by insufficient forest ground preparation and spring night colds which spruce plants do not tolerate. Pine sample plots were naturally regenerated which means that locations of trees was unevenness might had come from seed distribution or insufficient forest ground preparation. Aspen sample plots and birch sample plots were most diversified. Stump saplings grew amply on aspen sample plots and spruce sample plots. Mean heights did not differ only in aspen sample plots and mean breast diameters did not differ only in spruce sample plots. Multiple sample plots necessity was proved by breast diameter variability.</p>			
Keywords: young stand, growth, development of stand			

SISUKORD

LÜHENDID JA TÄHISED	5
SISSEJUHATUS	6
1. MATERJAL JA METOODIKA.....	8
1.1. Kasvukäigu püsiproovitükkide võrgustik	8
1.2. Uurimuses kasutatud proovitükid	10
1.3. Uuenduse proovitüki rajamise meetoodika	11
1.4. Andmeanalüüs	14
2. TULEMUSED	16
2.1. Kuusikud.....	16
2.1.1. Proovitükk 6301	16
2.1.2. Proovitükk 6302	18
2.1.3. Proovitükk 6303	19
2.2. Haavikud.....	21
2.2.1. Proovitükk 6310	21
2.2.2. Proovitükk 6311	23
2.2.3. Proovitükk 6312	25
2.3. Männikud	27
2.3.1. Proovitükk 6344	27
2.3.2. Proovitükk 6345	29
2.3.3. Proovitükk 6346	31
2.4. Kaasikud	32
2.4.1. Proovitükk 277	33
2.4.2. Proovitükk 278	35
2.4.3. Proovitükk 279	36
2.5. Proovitükkide kõrguste ja rinnasdiameetrite tulemused	38
3. ARUTELU	46
KOKKUVÕTE	50
KASUTATUD KIRJANDUS	52

LÜHENDID JA TÄHISED

Käesoleva bakalaureusetöös kasutatavad lühendid ja tähised:

HB – harilik haab (*Populus tremula*)

KD – harilik kadakas (*Juniperus communis* L.)

KS – soo- ja arukask (*Betula* sp.)

KU – harilik kuusk (*Picea abies*)

LM – sanglepp (*Alnus glutinosa*)

LV – hall lepp (*Alnus incana*)

MA – harilik mänd (*Pinus sylvestris*)

PI – harilik pihlakas (*Sorbus aucuparia*)

PN – harilik pärn (*Tilia cordata*)

RE – remmelgas (*Salix* sp.)

SA – harilik saar (*Fraxinus excelsior*)

TM – harilik toomingas (*Prunus padus*)

VA – harilik vaher (*Acer platanoides*)

SISSEJUHATUS

Metsateaduse- ja hariduse üheks olulisemaks valdkonnaks on teadustöö, kus korraldatakse erinevaid uuringuid, nagu näiteks metsa- ja puidusaaduste mõõtmine, hindamine ja inventeerimine, metsa kasvu modelleerimine ja metsa kasutamisega seotud valdkonnad. Sellega kaasnevad aeganõudvad ja mahukad välitööd metsa proovitükkidel (Kiviste jt 2016).

Esimesed Eesti metsa kasvukäigu püsiproovitükid (KKPRT) rajati 1995. ja 1996. aastal (Kiviste, Hordo 2002). Tänapäevaks on mitmetel proovitükkidel tehtud lageraie ning enamuse proovitükke asus rajamise hetkel keskealistes või vanemates puistutes. 2005. aastal rajati Järvselja Öppe- ja Katsemetskonda lehtpuude loodusliku uuenemise püsikatsealad, kus rakendati kobarproovialade rajamise metoodikat noortesse puistutesse (Padari jt 2009). Selle kohaselt koosnes 250 m² suurune kobarprooviaala viiest neljameetrise raadiusega prooviringist. Prooviringides määrati kõigi seal kasvanud puude liik ja mõõdeti kõrgus (Kängsepp jt 2015). Selline noorte puude mõõtmisviis on väga töömahukas ja aeganõudev, mistõttu töötati välja uus noorendikesse sobiv proovitükkide rajamis- ja mõõtmismetoodika, mida kasutati käesolevas bakalaureusetöös olevate proovitükkide rajamisel.

Metsa kasvukäigu püsiproovitükkide rajamise ja kordusmõõtmise metoodikas on kirjas, et puid sh ka hilisemate kordusmõõtmiste käigus piisava rinnasdiameetri saavutanud puid mõõdetakse alates rinnasdiameetriga 4 cm (Kiviste, Hordo 2002; Kiviste jt 2017). Noorendikuks defineeritakse metsa, kus puude keskmine rinnasdiameetert on kuni 6 cm (Metsa korraldamise... 2009), siis ei saanud olemasolevat metoodikat rakendada noortes puistutes. Noorte puistute andmed on vajalikud erinevate kasvumudelite koostamiseks, et kirjeldada puistus toimuvaid protsesse (Kangur jt 2013).

Peale Eesti on ka teistes riikides rajatud proovitükke noorendikesse. Näiteks Soomes rajati 1984–1986. aastatel proovitükid noortesse okaspuupuistutesse, kus proovitükkidel valiti välja tulevikupuud (puud, mida ei raiuta valgustus- ega harvendusraiel). Majandatavates metsades mõõdeti ära puud, mille kõrgus oli üle 10 cm ning looduslikult uuenenud ja majanduspiirangutega puistutes mõõdeti 40 kõige sagedamini esinevat okaspuud iga proovitüki kohta. Proovitükke kordusmõõdeti esialgu viie, hiljem kümne aastase intervalliga

(Huuskonen, Miina 2007). Rootsis rajati püsiproovitükid noorendikesse aastatel 1976–1979. Eesmärgiks oli mõõta iga puu, mille kõrgus ületas 1,3 meetrit ehk sarnane käesoleva töö raames väljatöötatud metoodikaga, kuid Rootsi metoodika kohaselt rajati igas puistus viis ringproovitükki suurusega 100 m² (Fahlvik, Nyström 2006).

Käesolevas töös kasutatakse 2018. aasta suvel ja 2019. aasta kevadel noorendikesse rajatud püsiproovitükkide andmeid, mille mõõtmistulemusi töös kirjeldatakse. Andmete töötlemiseks kasutati vabavaralist statistikapaketti R (R Core Team 2019). Proovitükkide omavaheliseks võrdlemiseks kasutati *MS Excel*'i andmeanalüüsipakettide vahendeid. Proovitükid rajati aladele, kus oli eelnevalt Riigimetsa Majandamise Keskuse (RMK) poolt tehtud valgustusraie. Valgustusraie aitab kujundada puistu liigilist koosseisu ja parandab valgus- ja toitetingimusi (Valgustusraied 2019). Käesoleva töö autor osales kõigil välitöödel. Välitööde mõõtmisi aitasid lisaks teostada Vivika Kängsepp, Tauno Ploompuu, Joonas Kollo ja Martin Kõiv.

Bakalaureusetöö eesmärgiks oli rajada endistele lageraie läbinud Eesti metsa kasvukäigu püsiproovitükkidele uut noorendike mõõtmiseks sobivat mõõtmismetoodikat kasutades uuesti püsiproovitükid, saades sellega andmestiku noortest puistutest. Uue metoodikaga rajatud ja mõõdetud proovitükke võib pidada KKPRT võrgustiku noorendike uurimiste alguseks.

Käesoleva töö autor soovib tänada enda juhendajaid, lektor Andres Jääratsit ning välitöödel osalenud inimesi.

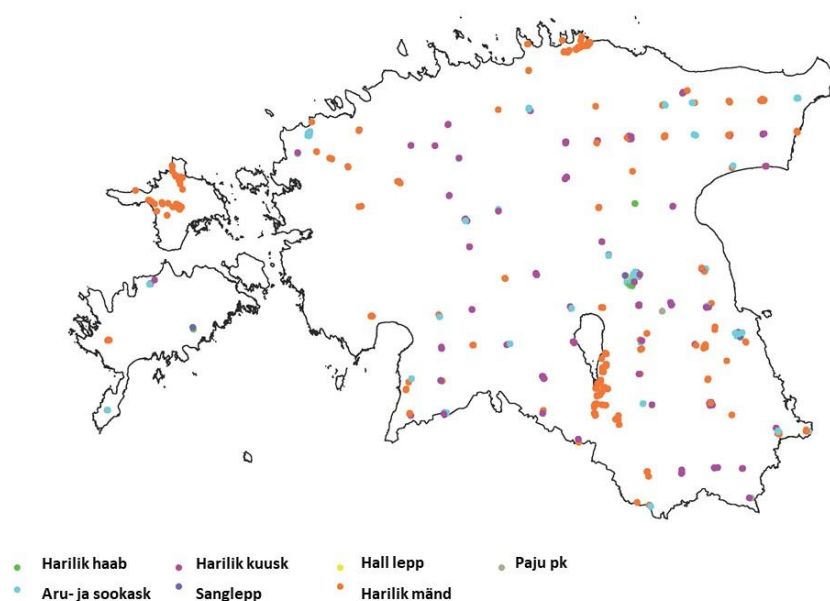
1. MATERJAL JA METOODIKA

1.1. Kasvukäigu püsiproovitükkide võrgustik

1995. ja 1996. aastal rajati esimesed kasvukäigu püsiproovitükid dotsent Urmas Petersoni eestvõtmisel. Esialgselt rajati 200 ringproovitükki praegustesse Aakre, Elva ja Pikknurme metskondadesse. Sealt järgnes proovitükkide rajamine ka teistesse asukohtadesse koos mõõtmismetoodika täiustamisega. Kuna proovitükkide kordusmõõtmiste intervalliks on enamasti 5 aastat, siis 2000. aastal alustati proovitükkide teist mõõtmiskorda.

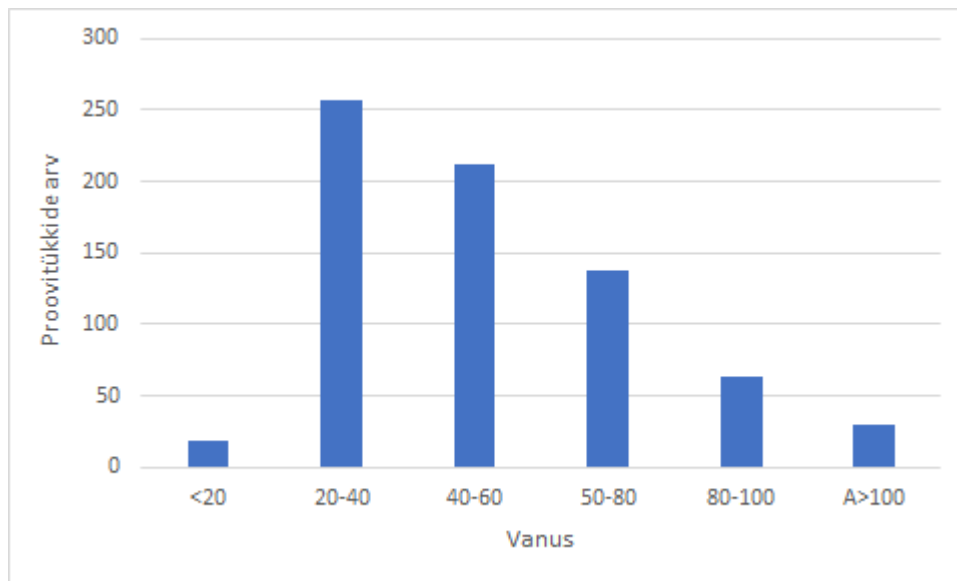
Metsa kasvukäigu püsiproovitükkide võrgustiku rajamise põhieesmärgiks oli luua süsteem Eesti puistute kasvumudelite koostamiseks vajalike andmete saamiseks. Proovitükkide rajamise eesmäärke võib olla erinevaid ning sellest sõltuvalt võivad rajatavad proovitükid olla erineva suuruse, paigutuse ja mõõtmismetoodikaga. (Kiviste, Hordo 2002)

Kasvukäigu püsiproovitükkide metoodika alusel rajatakse ringproovitükid, mille raadius on 10–30 meetrit. Proovitükil peab kasvama vähemalt sada esimese rinde puud. Samuti kirjeldatakse puistu kasvukoht ja vajadusel alustaimestik. Rajamisel tuleb arvestada, et proovitüki raadiust võib kordusmõõtmiste käigus olla vaja suurenda, kui seal on tehtud hooldusraieid. Ringproovitükil määratakse iga puu asukoha asimuut ja mõõdetakse puu kaugus proovitüki tsentrist. Järgnevalt mõõdetakse igal puul kahes suunas rinnasdiameeter ning hinnatakse nähtavaid väliseid vigastusi. Igal mudelpuul (iga viies puu), üksikutel ülevalitsevatel puudel ja vähe esinevatel puuliikidel mõõdetakse puu kõrgus ja võra alguse kõrgus. Mõõtmiste lõpus tehakse proovitükil viis fotot, et fikseerida hetkeolukord: tsentrist iga ilmakaare suunas ja üks lõunast tsentri suunas (Kangur jt 2013). Metsa kasvukäigu proovitükkide võrgustiku kaart on toodud joonisel 1.



Joonis 1. Kasvukäigu püsiproovitükkide võrgustik Eestis (Kiviste jt 2015).

Metsa kasvukäigu püsiproovitükkide võrgustikku kuulus 2015. aastal 729 proovitükki (Kiviste jt 2015). Käesoleval aastal on andmebaasis 718 proovitükki, mis ootavad kordusmõõtmist. Proovitükkide peapuuliigi vanuseline jaotus rajamise hetkel on toodud joonisel 2. Enamus proovitükke on rajatud keskealistesse puistutesse. Noortesse (alla 20-aastastesse) puistutesse on rajatud 18 proovitükki: 1996. aastal (üks proovitükk kaasikusse ja kaheksa proovitükki männikusse), 2000. aastal (kaks proovitükki kuusikusse), 2001. aastal (üks proovitükk kaasikusse) ja 2002. aastal (neli proovitükki kuusikusse, üks proovitükk hall-lepikusse ja üks proovitükk männikusse). Loetletud proovitükid on tänaseks läbinud vähemalt neli mõõtmiskorda, üheksa proovitükki viis ja kaks proovitükki kuus mõõtmiskorda. Tänaseks on proovitükid kasvanud keskealiseks ja uusi proovitükke noortesse puistutesse enne 2018. aastat rajatud ei olnud.



Joonis 2. Kasvukäigu püsiproovitükkide peapuuliigi vanuseline jaotus rajamise hetkel.

1.2. Uurimuses kasutatud proovitükid

Käesoleva töö koostamisel kasutati metsa kasvukäigu proovitükkide võrgustikus olevaid lageraiejärgseid kuusiku, haaviku ja männiku proovitükke, mis taasrajati 2018. aasta suvel. Proovitükkide valimisel olid kriteeriumiteks, et tehtud oleks valgustusraie ja alal kasvaksid vähemalt 1,3-meetrised puud. Kuusiku proovialal (proovitükkide kogumik ühel eraldisel) kasvavad puud olid istutatud. Eelmisest metsapõlvkonnast oli eraldisele jäetud kasvama seitse kaske ja kolm harilikku haaba (edaspidi haab). Haaviku ja männiku proovialad rajati looduslikult uuenenud aladele. Haaviku prooviala eraldisele oli jäetud kasvama 15 haava seemnepuud ja männiku prooviala eraldisele 19 hariliku männi (edaspidi mänd) seemnepuud. Tabelis 1 on toodud lageraie läbinud kasvukäigu püsiproovitükkide võrgustikus olnud püsiproovitükkide andmed. Varasemalt olid kõige vanema peapuuliigiga proovitükid männiku proovialal. Proovitükil 302 muutus peapuuliik - teisel ja kolmandal mõõtmiskorral määrati peapuuliigiks haab. Sarnaselt muutus ka proovitükk 311, kus neljandal mõõtmiskorral määrati peapuuliigiks sanglepp, kuigi varasemal kolmel mõõtmiskorral oli peapuuliik harilik kuusk (edaspidi kuusk). Kuigi proovitükid 310, 311 ja 312 asusid ühel eraldisel (proovitükkide tsentrite vahekaugus on 100 m) oli peapuuliik kõigil kolmel proovitükil erinev. Tabelis 1 toodud vanus on proovitükkide peapuuliigi vanus viimasel mõõtmiskorral.

Tabel 1. Püsiproovitükkide varasem iseloomustus

PRT	Viimane mõõtmisaasta	Peapuuliik	Vanus, a
301	2005	KS	95
302	2005	1.mõõtmisel KS 2-3. HB	90
303	2000	KS	85
310	2010	KS	65
311	2010	1-3. mõõtmisel KU 4. LM	65
312	2010	HB	65
344	2010	MA	110
345	2010	MA	110
346	2010	MA	130

Käesoleva töö raames oli eesmärgiks proovitükid rajada Eestis enamlevinud puuliikide noortesse puistutesse. Selleks tehti esmalt kõikidele KKPRT võrgustikus olnud lageraie läbinud proovitükkide eraldiste kohta päring Metsaregistrisse. Misjärel koondati kokku potentsiaalselt sobivad alad, mille sobivust proovitükkide taasrajamiseks hinnati looduses kohapeal. Sel meetodil ei leitud sobivat ala, kus kasvaksid noored kased ja mis vastaks proovitükkide rajamise kriteeriumitele. Seetõttu kasutati kaasikute proovitükkide rajamisel lektor Andres Jääratsilt saadud andmeid, mis olid seotud tema juhitava projektiga “Valgustusraiete mõju viljakate kasvukohtade arukaasikute arengule”. Kaasiku noorendiku püsiproovitükid rajati 2019. aasta kevadel.

1.3. Uuenduse proovitüki rajamise metoodika

Püsiproovitükid rajati KKPRT võrgustikus olevatele aladele, kus oli tehtud lageraie ja sellest on möödunud vähem kui 15 aastat. Kaasiku püsiproovitükid rajati väljaspool KKPRT võrgustikku asuvale alale, kus varasemalt proovitükke ei olnud. Proovitüki tšenter üritati

paigutada vana proovitüki tsentri lähedusse. Proovitükid rajati ringproovitükkidena, mille raadius oli 10 või 15 meetrit, vastavalt puistu tihedusele. Proovitükile pidi jääma vähemalt 100 puud, mis jääksid kasvama puistusse ka hilisemate valgustus- ja harvendusraiate järel. Samale eraldisele rajati kolm ühesuguse raadiusega proovitükki. Proovitüki mõõtmist alustati põhja suunast ja liiguti edasi päripäeva. Mõõtmisandmed kirjutati blanketile, kuhu lisati ka proovitüki number, maakond, metskond, kvartal ja eralduse number, metsakorralduse aasta ja mõõtmise alguse ning lõpu kellaeg.

Proovitükil tehtavad välitööd viidi läbi kolmeliikmelises rühmas. Proovitükkidel kasvavate puude asimuudid mõõdeti proovitüki tsentrisse paigaldatud bussooliga. Peale bussooli kasutati mõõtmisel elektroonilist kaugus-kõrgusmõõtjat *Forestor Vertex*'i, millega mõõdeti iga puu kaugus tsentrist ja mudelpuude kõrgus. Erinevalt tavapärasest metsa kasvukäigu püsiproovitükkide meetodikast, kus mõõdetakse puud, mille rinnasläbimõõt on vähemalt neli sentimeetrit, siis noorendike mõõtmismetoodika eesmärgiks oli mõõta kõik puud, mille kõrgus oli vähemalt 1,3 meetrit. Välja jäeti tihedad kännu- ja/või juurevõsu hulgad, kuna need eeldatavasti raiutakse valgustusraie käigus enne järgmist proovitüki mõõtmiskorda. Lisaks kaardistati proovialadel olnud lamapuud, mõõdeti lamavate tüvede pikkused ja mõlema otsa diameetrid ja hinnati tüvede laguaste viie astme skaalal. Tabelis 2 on toodud kasvavatel puudel mõõdetud ja hinnatud tunnused.

Tabel 2. Mõõdetud tunnused

Tunnus	Kirjeldus
Rinne	Noored puud määratati esimesse (1) rindesse. Kui proovitükil esines eelmise põlvkonna puid, siis need määrati üksikpuude (Y) rindesse.
Puuliik	Igale puule määrati puuliik.
Asimuut	Mõõdeti prooviala tsentrist bussooliga, mille astmeks oli 0,5°, sihik oli suunatud 1,3 meetri kõrgusele puu keskmest.
Kaugus	Mõõdeti <i>Forestor Vertex</i> 'iga tsentrist puu kaugus 0,1 meetrilise astmega 1,3 meetri kõrguselt puu keskmest.
Diameeter	Mõõdeti metsaklupiga 1,3 meetri kõrguselt tsentri suunas.
Kõrgus	Mõõdeti ainult mudelpuudel. Kõrguste mõõtmisel kasutati <i>Forestor Vertex</i> 'it ja mõõtelatti. Mõõdeti ka elusa võra alguse kõrgus.
Rikked	Märgiti kahjustuse kood ja aste.

Igale puule paigaldati silt (joonis 3) puu järjekorranumbriga, et järgmisel mõõtmiskorral oleks puud kergemini leitavad. Igale mõõdetud puule tehti rinnasdiameetri kõrgusele värvitäpp tsentri suunas, mudelpuude korral kasutati kahte kohakuti värvitäppi.



Joonis 3. Puule paigutatud järjekorranumbriga silt.

Selleks, et hinnata proovitükkidel kasvavate alla 1,3 meetri kõrguste puude hulka, tehti igale proovitükile loendusruudud (joonis 4), kus loendati seal kasvavate puude arv liigiti ning hinnati nende keskmine kõrgus. Loendusruutude (1 m^2) arv varieerus proovitükkide lõikes, olles vastavuses proovitüki varieeruvusega. Prooviruutude asukohad valiti selliselt, et need oleksid kõige iseloomulikumad antud proovitükile.



Joonis 4. Proovitükile 6302 tehtud loendusruut.

1.4. Andmeanalüüs

Proovitükkidel mõõdetud puude andmed sisestati Eesti metsa kasvukäigu püsiproovitükkide võrgustiku andmebaasi, mis asub Eesti Maaülikooli serveris. Kasutades statistikapaketti R (R Core Team 2019), arvutati iga proovitüki kohta puude keskmine kõrgus ja rinnasdiameeter koos standardhälbega. Lisaks leiti iga proovitüki andmetel minimaalne ja maksimaalne kõrguse ja rinnasdiameetri väärtus.

Kirjeldamaks puude asukohti proovitükil koostati iga proovitüki kohta skeem, kus punane rist tähistab proovitükkide tsentrit ning x ja y teljel on proovitüki raadius. Rinnasdiameetrite ja kõrguste mõõtmistulemusi kirjeldavad karpdiagrammid, kuhu on lisatud aritmeetilised keskmised (punase tärniga) iga proovitüki kohta. Karpdiagrammidel on maksimaalsed ja minimaalsed väärtused, mediaan ning 25% ja 75% kvantiilid. Karpdiagrammide karpide laius on sõltuvuses valimi mahuga. Proovitükkidele, kus oli mõõdetud enam kui kaks puuliiki, koostati tulpdiagramm, mis kirjeldab puude arvu puuliikide kaupa. Hajuvusdiagrammidel on proovitükkide kaupa esitatud puude kõrguste ja rinnasdiameetrite vahelised sõltuvused.

Proovitükkide omavaheliseks võrdlemiseks kasutati *MS Excel*'i andmeanalüüsipakettide vahendeid. Püstitati sisukas hüpotees, et kõrguste ja rinnasdiameetrite keskmised väärtused erinevad ühe eraldise sees proovitükkide lõikes (igal eraldisel oli kolm proovitükki). Nullhüpoteesiks oli, et kõrguste ja rinnasdiameetrite keskmised väärtused ei erine ühel eraldisel proovitükkide lõikes. Hüpoteeside kontrollimiseks kasutati dispersioonanalüüsi. Dispersioonanalüüsi abil on võimalik tõestada, et vähemalt ühe proovitüki keskmine väärtus on teistest proovitükkidest erinev (Kiviste 2007). Dispersioonanalüüsi tulemuseks saadakse olulisuse tõenäosuse väärtus. Selleks, et sisukat hüpoteesi saaks tõestada, peab olulisuse tõenäosus ehk p-väärtus olema alla 0,05, kui p-väärtus on üle 0,05 tuleb jääda nullhüpoteesi juurde.

Kui dispersioonanalüüsi olulisuse tõenäosuse väärtus jäi alla olulisuse nivoo ($p=0,05$), kasutati üksteisest keskmise väärtuse poolest erinevate proovitükkide väljaselgitamiseks t-testi. Lisaks analüüsiti mõõdetud puude rinnasdiameetrite ja kõrguste varieeruvust iga eraldise erinevatel proovitükkidel. Selleks kasutati F-testi, mille abil on võimalik tõestada mõõdetud tulemuste dispersioonide erinevust (kui testi p-väärtus jääb alla 0,05).

2. TULEMUSED

2.1. Kuusikud

Kuusenoorendiku prooviala asub Jõgevamaal, Pikknurme metskonnas. Eraldise suurus on 3,33 hektarit. Tegemist on istutatud alaga ning naadi kasvukohatüübiga. Viimane inventeerimine tehti aastal 2012, mil määrati puistu arenguklassiks selguseta ala (Metsaregister 2019). Kuuskede vanuseks mõõtmise hetkel oli Metsaregistri alusel 8 aastat. Proovitükid rajati suurusega 707 m², kus raadius oli 15 m.

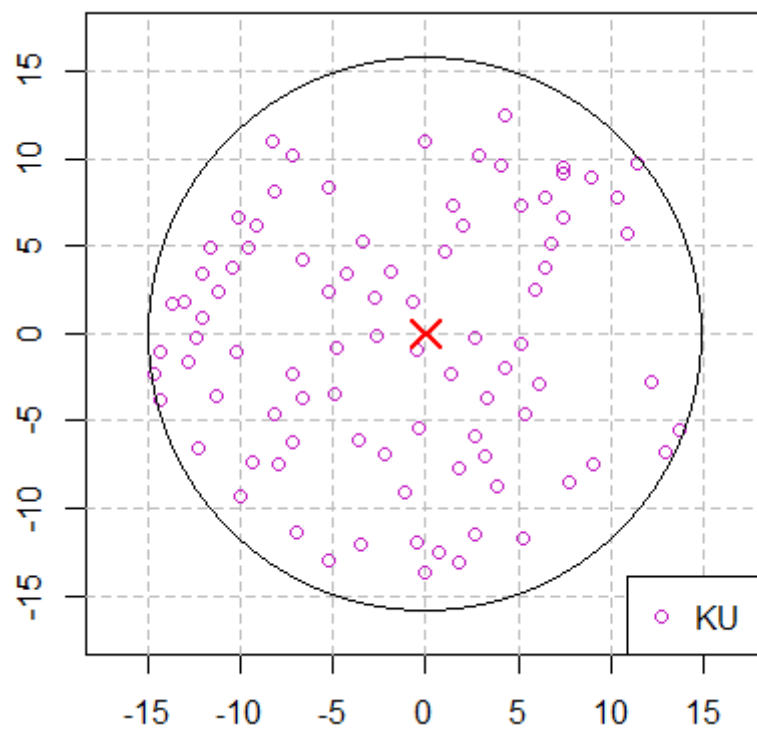
2.1.1. Proovitükk 6301

Joonisel 5 on proovitükist 6301 tehtud foto, mis annab ülevaate proovitükist lõunast tsentri suunas. Proovitükk on läbinud esimese valgustusraie aastal 2017, mistõttu on kasvab alal palju remmelga ja sanglepa kännuvõsu. Mõõdeti ainult kuused, mis on tulevase puistu peapuuliik.

Proovitükil kasvavate puude asukoha skeemi (joonis 6) põhjal saab öelda, et proovitükil jagunesid puud üsna võrdselt, kuid paiguti on näha tühjasid alasid. Üks neist jääb põhja suunas ja teine ida suunas. Kuna tegemist on istutatud proovialaga, siis on skeemil näha istutamisest tulenevaid puuridu edelast kirde suunas. Tühjad alad võivad olla tingitud ebakorrapärasest hilisemast looduslikust uuenemisest ja kuuseistikute suremisest. Proovitüki puistu tiheduseks arvutati 1245 kuuske hektari kohta.



Joonis 5. Proovitükk 6301 lõunast tsentri suunas.



Joonis 6. Proovitüki 6301 puude asukohtade skeem (punane rist tähistab proovitüki tsentrit, teljed kaugust proovitüki tsestrist meetrites).

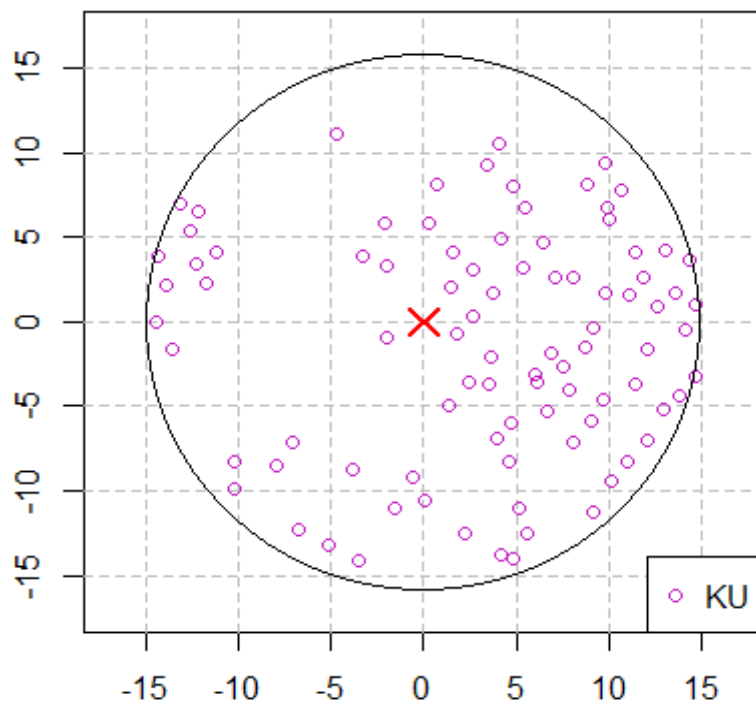
Proovitükil tehti kaks ühe ruutmeetrilist loendusruutu. Ühel ruudul kasvas 22 kaske ja kolm remmelgat, teisel ruudul kasvas neli sarapuud ja kuus remmelgat. Nende puude kõrgus jäi vahemikku 1,6–1,8 meetrit. Proovitükil ei ole lamapuid, kuid on vanad lagunevad kännud.

2.1.2. Proovitükk 6302

Joonisel 7 on proovitükist 6302 foto tsentrist lääne suunas. Võrreldes eelmise proovitükiga (6301) mõõdeti ka sellel proovitükil tuleviku puistu peapuuliigid, lisaks kasvab rohkelt kännuvõsu. Erinevalt proovitükist 6301 on näha joonisel 8, et proovitüki läänepoolne külg on kuuskedest lage, kuid seal ei kasvanud ka kännuvõsu nagu seda on näha fotol. On märgata, et ka põhja ja lõuna suunas ei kasva kuuski nii tihedalt. Seda võis põhjustada ebasoodne maapind, kuna kuusk ei suuda kasvada liiga niiskes ega liiga kuivas pinnases. Kuuseistikute kasvu võis mõjutada ka kevadised öökülmad ja ulukikahjustused (Laas 2004). Proovitüki puistu tiheduseks arvutati 1273 kuuske hektari kohta.



Joonis 7. Proovitükk 6302 tsentrist lääne suunas.



Joonis 8. Proovitüki 6302 puude asukohtade skeem (punane rist tähistab proovitüki tsentrit, teljed kaugust proovitüki tsentrist meetrites).

Proovitükil tehti kaks ühe ruutmeetrilist loendusruutu. Ühel loendusruudul kasvas kaheksa kaske ja 15 pärna. Teisel kasvas üheksa remmelgat ja neli kaske. Nende kõrgused jäid 0,8–1,8 meetri vahele. Proovitükil ei ole lamapuid, kuid esinevad üksikud lagunevad kännud.

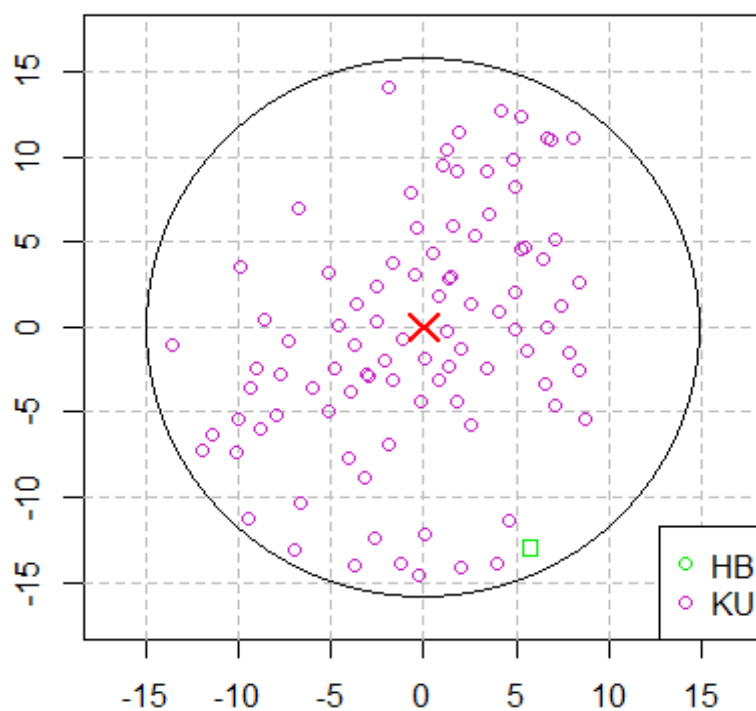
2.1.3. Proovitükk 6303

Joonisel 9 on tehtud foto proovitükist 6303 tsentrist ida suunas. Sellel proovitükil polnud enam kännuvõsu nii domineeriv. Joonisel 10 annab ülevaate proovitükil kasvavate puude asukohtadest. Kuuskede asukohad ei ole enam nii selgelt istutusreas, mis võib olla samade põhjuste tagajärjel, mis eelnevatel proovitükkidel mainitud. Puude asukohtade skeemil on

näha rohelist ruutu, mis kirjeldab lageraie käigus eelmisest metsapõlvkonnast kasvama jäetud haava üksikpuud. Proovitüki puistu tiheduseks arvutati 1315 kuuske hektari kohta.



Joonis 9. Proovitükk 6303 tsestrist ida suunas.



Joonis 10. Proovitüki 6303 puude asukohtade skeem (punane rist tähistab proovitüki tsestrit, teljed kaugust proovitüki tsestrist meetrites).

Proovitükil tehti kaks ühe ruutmeetrilist loendusruutu. Ühel ruudul kasvas neli kaske, teisel ruudul kasvas 11 sangleppa, kaks kaske ja kolm tamme. Nende kõrgus küündis kuni 1,7 meetrini. Proovitükil ei ole lamapuid, kuid on üksikud lagunevad kännud.

2.2. Haavikud

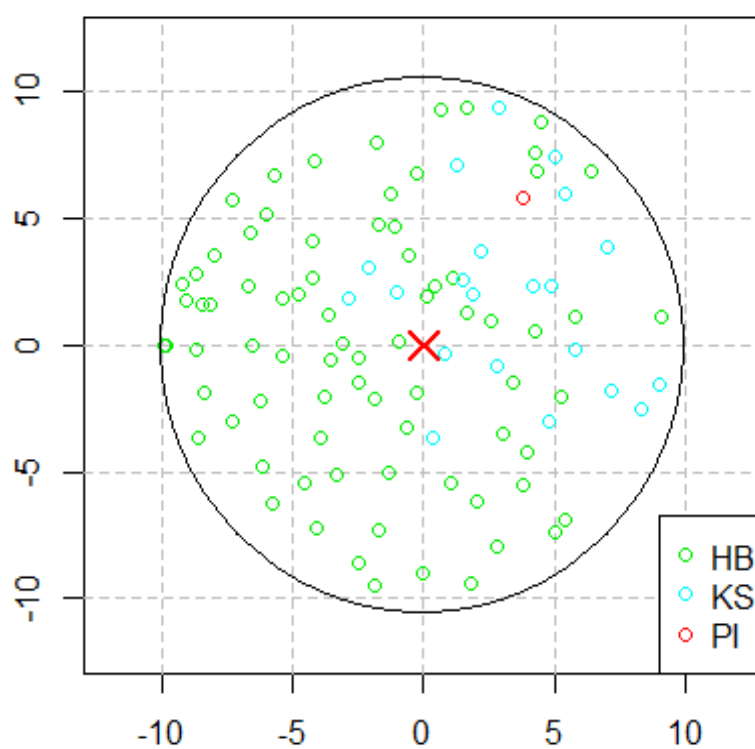
Prooviala asub Jõgevamaal, Pikknurme metskonnas looduslikult uuenenud naadi kasvukohatüübis. Eraldise suurus on 2,43 hektarit. Viimase inventeerimise (2016. a.) põhjal tuli peapuuliigiks kask ning arenguklassiks määrati noorendik (Metsaregister 2019). Mõõtmise ajal oli puude vanuseks Metsaregistri alusel 8 aastat. Proovitükid rajati suurusega 314 m², kus raadius oli 10 m. Alal oli enne proovitükkide rajamist tehtud valgustusraie aastal 2018.

2.2.1. Proovitükk 6310

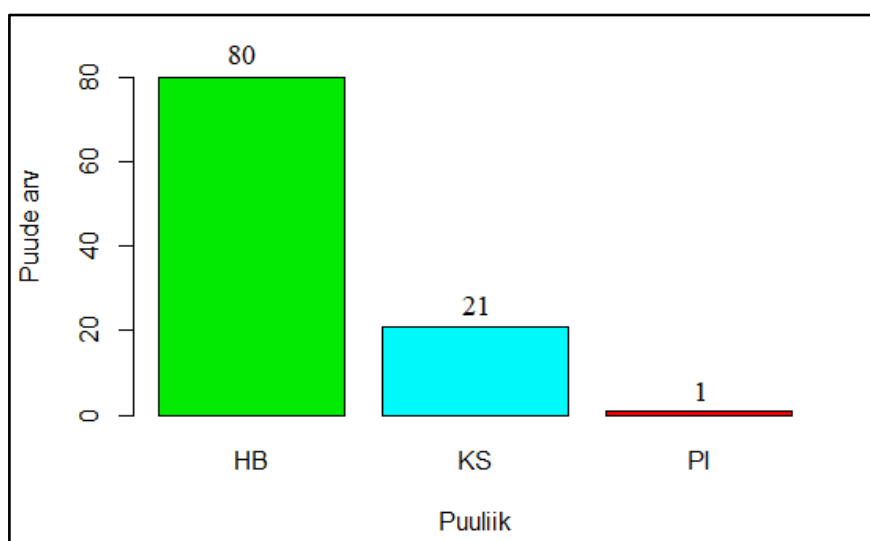
Joonisel 11 on foto proovitükist 6310 tsentrist põhja suunas. Sellel proovitükil mõõdeti kõik puud, mille kõrgus oli üle 1,3 meetri. Joonis 12 annab ülevaate proovitükist ja seal kasvavatest puuliikidest. Proovitüki skeemi alusel võib väita, et looduslik uuenemine on olnud edukas ning kirjeldab valgustusraie kvaliteeti. Joonis 13 toob välja puude arvu puuliikide kaupa proovitükil kasvavatest puudest. Peale haaba kasvab ohtralt kaske põhja-ida suunas. Proovitükil kasvab ka üksik pihlakas. Proovitüki puistu tiheduseks arvutati 2548 haaba, 669 kaske ja 32 pihlakat hektari kohta.



Joonis 11. Proovitükk 6310 tsentrist põhja suunas.



Joonis 12. Proovitüki 6310 puude asukohtade skeem (punane rist tähistab proovitüki tsentrit, teljed kaugust proovitüki tsestrist meetrites).



Joonis 13. Proovitükk 6310 puude arv puuliikide kaupa.

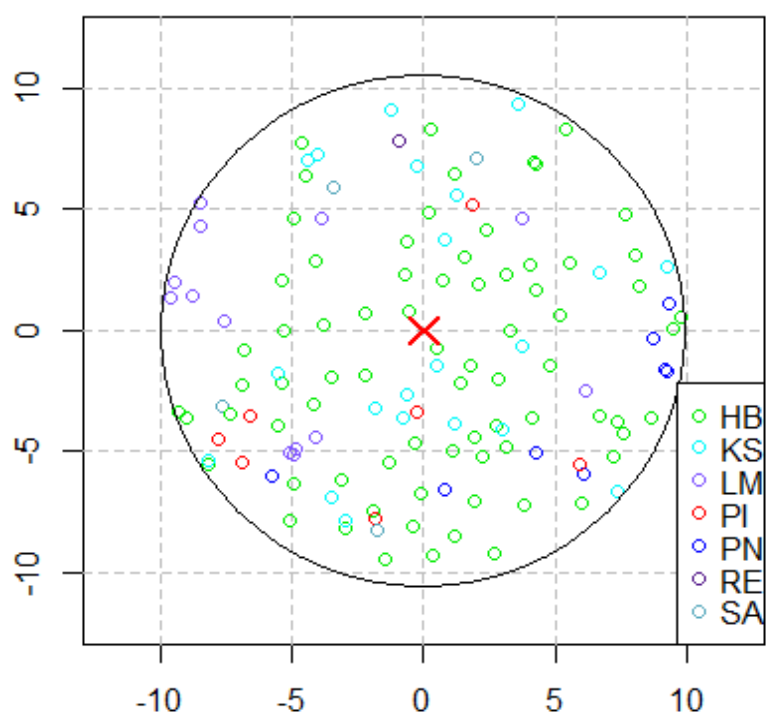
Proovitükil kasvas veel peale mõõdetud puude 21 kaske ja üks kuusk ühe ruutmeetri kohta. Kaskede kõrgused olid 0,5-1,2 meetrit ning kuuse kõrgus oli 0,45 meetrit. Proovitükil kasvas ka haabasid, mis polnud veel saavutanud kõrguseks 1,3 meetrit. Proovitükil mõõdeti kaks lamapuud ning esineb vanu kände.

2.2.2. Proovitükk 6311

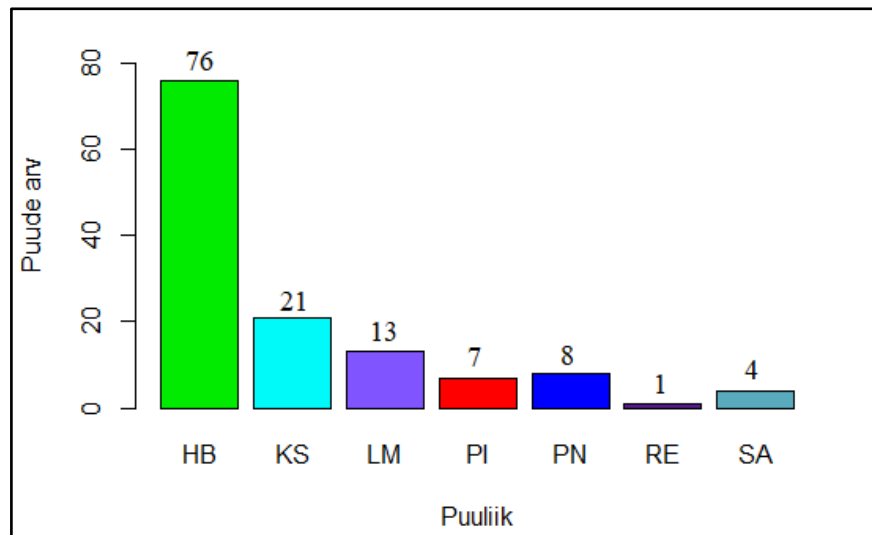
Joonisel 14 on foto proovitüki 6311 tsentrist põhja suunas. Joonis 15 annab ülevaate proovitükil kasvavatest puudest. Proovitükil mõõdeti kõik puud, mis ületasid 1,3 meetrit. Erinevalt eelmisest proovitükist kasvas sellel proovitükil rohkem erinevaid puuliike. Proovitükil kasvavatest puuliikidest annab ülevaate joonis 16. Peale haabade kasvavad proovitükil kased, sanglepad, pihlakad, pärnad, remmelgad ja saared. Kaski ja sangleppasid oli võrreldes teiste puuliikidega rohkem. Proovitüki puistu tiheduseks arvutati 2420 haaba, 669 kaske, 414 sangleppa, 223 pihlakat, 255 pärna, 32 remmelgat, 127 saart hektari kohta.



Joonis 14. Proovitükk 6311 tsentrist põhja suunas.



Joonis 15. Proovitüki 6311 puude asukohtade skeem (punane rist tähistab proovitüki tsentrit, teljed kaugust proovitüki tsentrist meetrites).



Joonis 16. Proovitükk 6311 puude arv puuliikide kaupa.

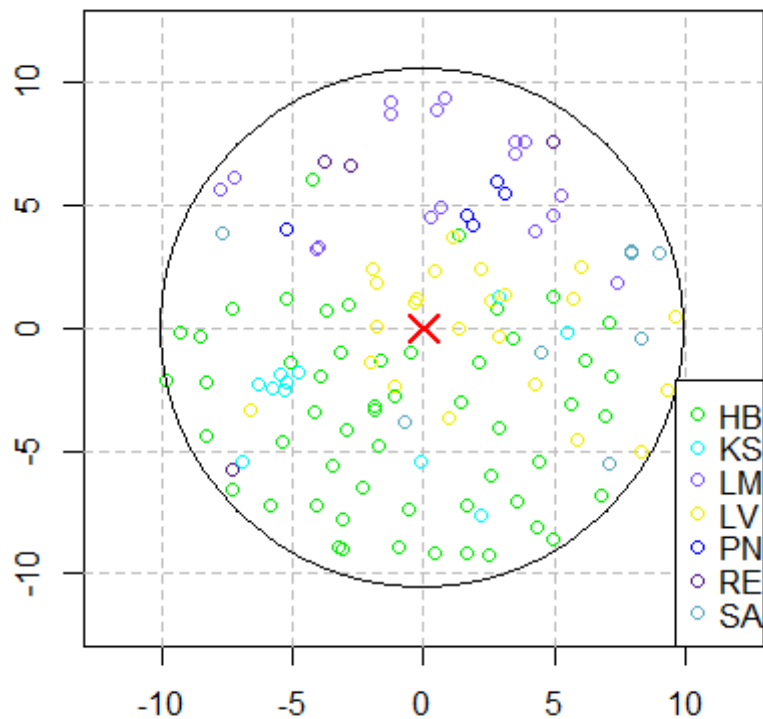
Proovitükil kasvas veel peale mõõdetud puude kaheksa kaske, viis haaba ja üks remmelgat ühe ruutmeetri kohta. Nende kõrgus oli kuni 0,5 meetrit. Proovitükil kasvas sangleppa kännuvõsu. Proovitükil esinevad vanad kännud, lamapuid ei ole.

2.2.3. Proovitükk 6312

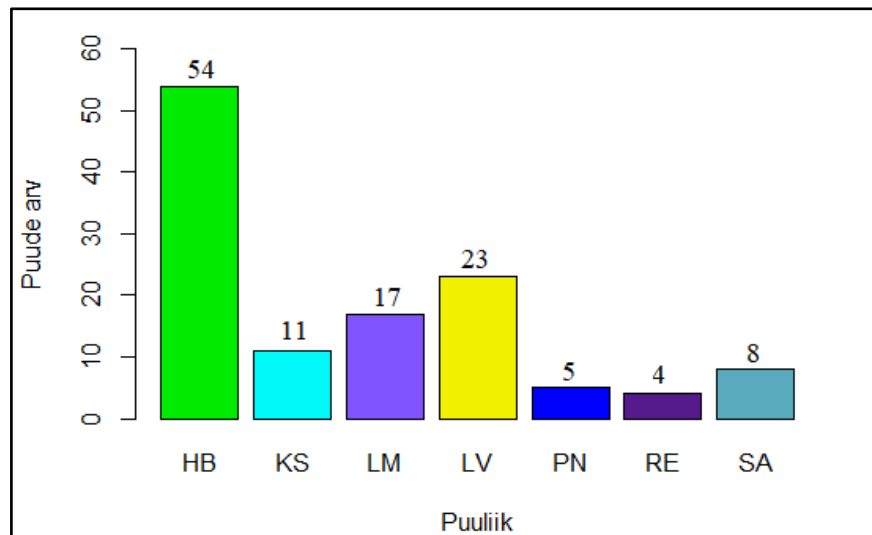
Joonisel 17 on foto proovitükist 6312 tsentrist põhja suunas. Erinevalt proovitükkidest 6310 ja 6311 on jooniselt 18 ja 19 näha, et sangleppa ja hall leppa puude arv on suurenenud võrreldes eelmiste proovitükkidega. Proovitükil kasvavate puude asukohtade skeemi põhjal saab väita, et haaba looduslik uuenemine ei ole enam nii edukas võrreldes eelmiste proovitükkidega, eriti põhja suunas. Põhjuseks võib olla sangleppa ja hall leppa kiirem kasv, mille tagajärjel haab ei levinud sinna. Proovitükil kasvab peale valgustusraiet leppa vesivõsu. Proovitüki puistu tiheduseks arvutati 1720 haaba, 350 kaske, 541 sangleppa, 732 halli leppa, 159 pärna, 127 remmelgat, 255 saart hektari kohta.



Joonis 17. Proovitükk 6312 tsentrist põhja suunas.



Joonis 18. Proovitüki 6312 puude asukohtade skeem (punane rist tähistab proovitüki tsentrit, teljed kaugust proovitüki tsentrist meetrites).



Joonis 19. Proovitükk 6312 puude arv puuliikide kaupa.

Proovitükil tehtud loendusruudul loendati 15 halli leppa ja kaks kaske ühel ruutmeetril. Nende kõrgus jäi alla 0,8 meetri. Proovitükil mõõdeti seitse lamapuud, esineb ka vanu kände.

2.3. Männikud

Prooviala asub Tartumaal, Tartumaa metskonnas. Eraldise suurus on 2,53 hektarit. Viimasel inventeerimisel (2016) määrati arenguklassiks selgusetu ala. Proovitükkidel kasvate puude vanus oli mõõtmise hetkel Metsaregistri alusel 11 aastat. Proovitükid rajati suurusega 314 m², kus raadius oli 10 m. Prooviala on lageraiejärgselt looduslikult uuenenud ning alal on tehtud varasemalt valgustusraie aastal 2014. Tegemist on jänesekapsa-mustika kasvukohatüübiga (Metsaregister 2019).

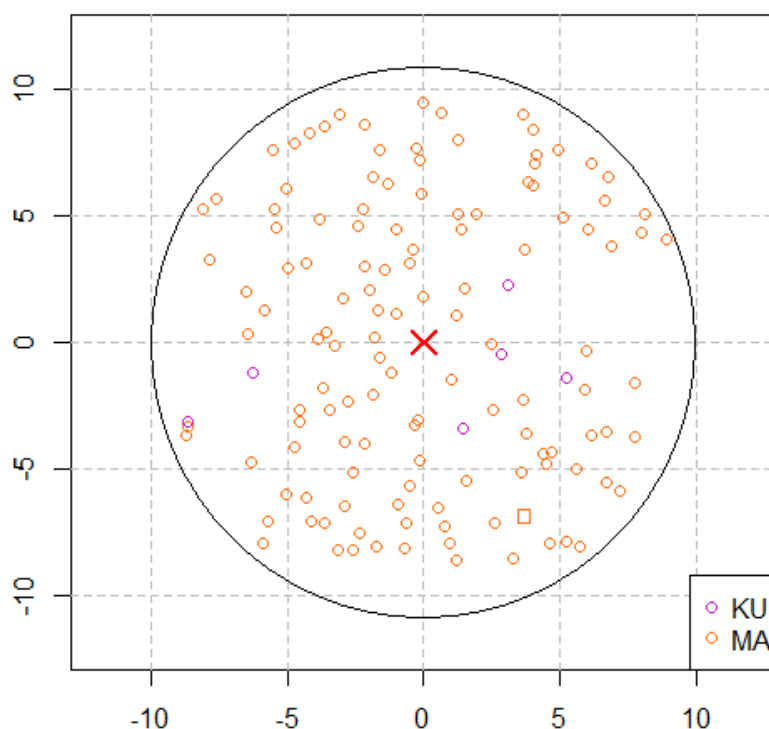
2.3.1. Proovitükk 6344

Joonisel 20 on foto proovitükist 6344 tsentrist lõuna suunas. Proovitükil kasvasid peale mändide ka kuused (joonis 21). Proovitükile jäi ka üks seemnepuudest, mida on näha

proovitükist tehtud fotol vasakpoolses servas. Proovitükil kasvavad männid paiknevad ühtlaselt, mis näitab valgustusraie kvaliteeti. Proovitüki puistu tiheduseks arvutati 4045 mändi, 191 kuuske hektari kohta.



Joonis 20. Proovitükk 6344 tsentrist lõuna suunas.



Joonis 21. Proovitüki 6344 puude asukohtade skeem (punane rist tähistab proovitüki tsentrit, teljed kaugust proovitüki tsentrast meetrites).

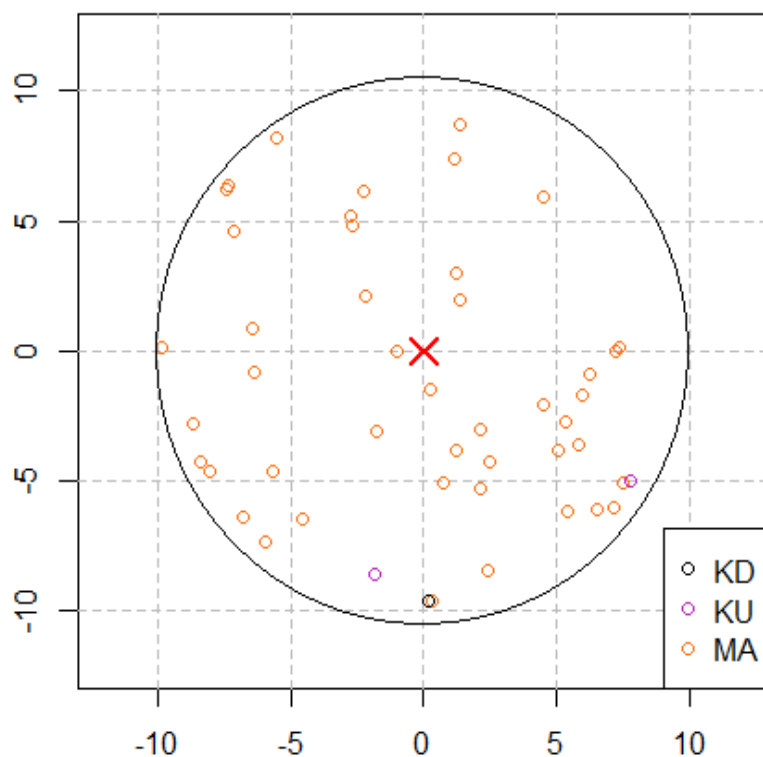
Proovitükil tehti võrreldes haavikute ja kuusikute proovitükkidest rohkem loendusruute hindamaks, mis kasvab peale mõõdetud puude. Tehti kolm ühe ruutmeetrilist ruutu, kus kokku loendati kuus kuuske, mille kõrgused olid 0,5–1,0 meetrit. Proovitükil ei olnud lamapuid, kuid esineb tugevaid vanu kände.

2.3.2. Proovitükk 6345

Joonisel 22 on foto proovitükist tsentrast ida suunas. Proovitükil kasvab võrreldes eelmise (6345) proovitükiga mände vähem (joonis 23), mis võib tuleneda seemnepuude kaugusest, maapinna ebapiisavast ettevalmistusest (Nõuandeid... 2019) või ulukitekahjustusest (Laas 2004). Proovialal oli märgata, et seemnepuude läheduses kasvas noori mände rohkem, kui kaugemal. Proovitükil kasvab ka kadaka põõsas, mille asukoht jääb tsentrast lõuna suunas. Proovitüki puistu tiheduseks arvutati 1433 mändi, 64 kuuske, 32 kadakat hektari kohta.



Joonis 22. Proovitükk 6345 tsestrist ida suunas.



Joonis 23. Proovitüki 6345 puude asukohtade skeem (punane rist tähistab proovitüki tsestrit, teljed kaugust proovitüki tsestrist meetrites).

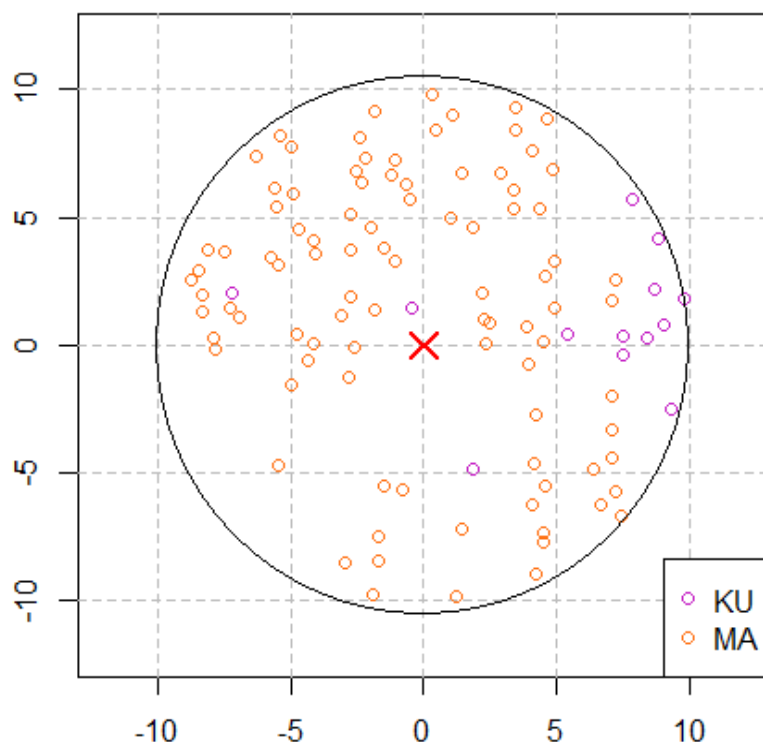
Proovitükil loendati neljal loendusruudul 11 kaske, mille kõrgused ulatusid 0,4 meetrini. Proovialal kasvas ka 10 tamme (kõrgused kuni 0,5 meetrit), mis ei jäänud prooviruutu. Lisaks kasvas proovialal mände, mille kõrgus ei küündinud veel 1,3-meetrini. Proovitükil mõõdeti üks lamapuu, esineb tugevaid vanu kände.

2.3.3. Proovitükk 6346

Joonisel 24 on foto proovitükist 6346 tsentrist põhja suunas. Proovitüki lähedal kasvab seemnepuu, mille mõju on näha ka skeemil (joonis 25). Seemnepuu suunas ehk põhja suunas kasvab noori mände rohkem. On märgata, et mida kaugemale jääb seemnepuu, seda hõredamaks jääb puistu. Edela suunas jääb ka proovitükk 6345. Prooviala on märgatavalt keskelt lage. Proovitüki ida suunas kasvavad mõned kuused. Proovitüki puistu tiheduseks arvutati 3025 mändi, 414 kuuske hektari kohta.



Joonis 24. Proovitükk 6346 tsentrist põhja suunas.



Joonis 25. Proovitüki 6346 puude asukohtade skeem (punane rist tähistab proovitüki tsentrit, teljed kaugust proovitüki tsestrist meetrites).

Proovitükil tehti kuus loendusruutu, kus kokku loendati 12 kaske, mille kõrgused jäid 0,2–0,5 meetri vahele. Proovialal kasvasid ka üksikud alla 1,3 meetrised kuused ja männid. Proovitükil mõõdeti kaks raiejäätmetest lamapuid ning esineb lagunevaid vanu kände.

2.4. Kaasikud

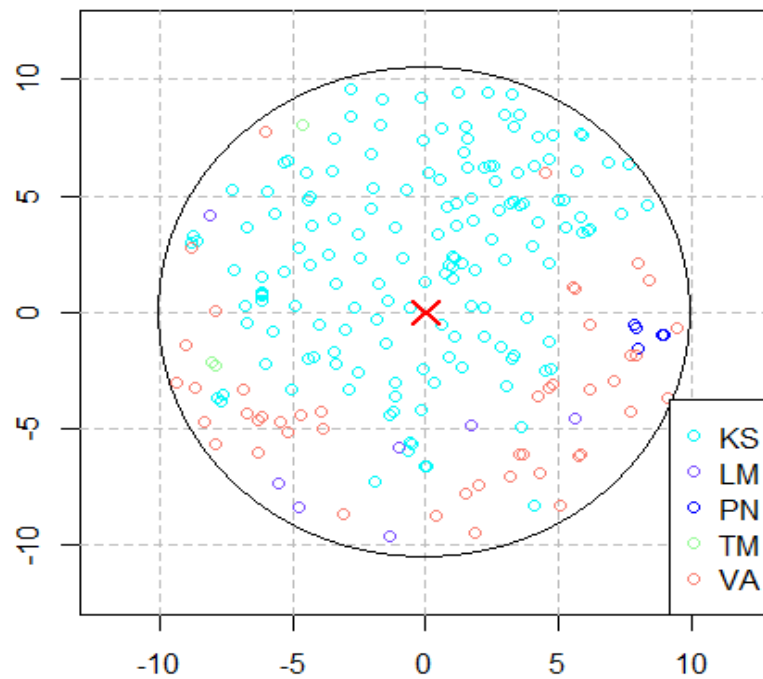
Prooviala asub Jõgevamaal, Halliku metskonnas. Eraldise suuruseks on 1,57 hektarit. Viimane inventeerimine tehti aastal 2017, millega määrati puistu arenguklassiks noorendik. Eraldisel on kuivenduskraavid. Proovitükid rajati suurusega 314 m², kus raadius oli 10 m. Puude vanuseks oli mõõtmise hetkel Metsaregistri andmetel 7 aastat. Prooviala on looduslikult uuenenud ning kasvukohatüübiks on lodu. Vahetult enne proovitükkide rajamist (2019. aasta kevadel) oli alal tehtud valgustusraie (Metsaregister 2019).

2.4.1. Proovitükk 277

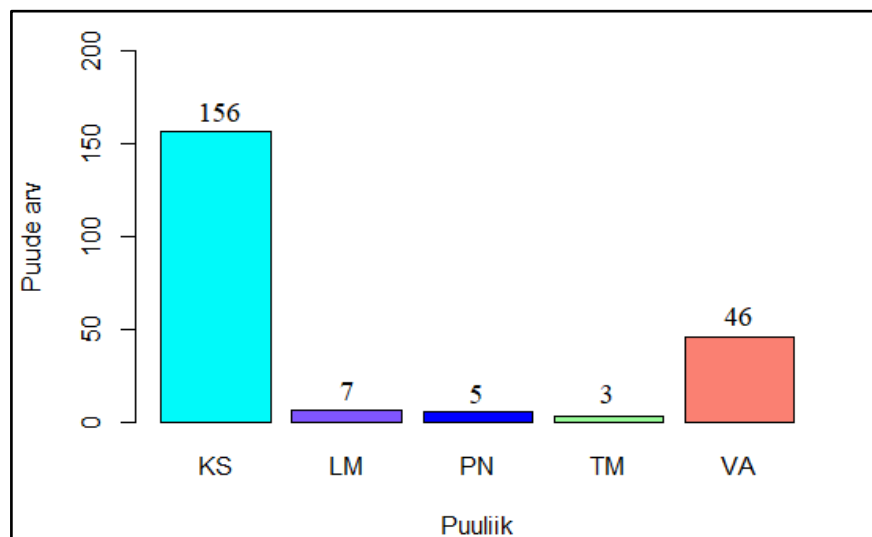
Joonisel 26 on foto proovitükist 277 tsentrist põhja suunas. Proovitüki skeemilt (joonis 27) on näha, kuidas kased ei ole ühtlaselt jaotunud proovitükile, mis on loodusliku uuenduse puhul loomulik ja näitab valgustusraie kvaliteeti. Põhjuseks võib olla ebaühtlane seemne levik ning samuti maapinna ebasoodne olukord. Proovitükil mõõdetud puudest kasvas üle 150 kase (joonis 28). Peale kaskede kasvas proovitükil suur hulk vahtraid, mis olid kõrgemad kui kased. Proovitüki puistu tiheduseks arvutati 4968 kaske, 223 sangleppa, 159 pärna, 1465 vahtrat hektari kohta.



Joonis 26. Proovitükk 277 tsentrist põhja suunas.



Joonis 27. Proovitüki 277 puude asukohtade skeem (punane rist tähistab proovitüki tsentrit, teljed kaugust proovitüki tsentrist meetrites).



Joonis 28. Proovitükk 277 puude arv puuliikide kaupa.

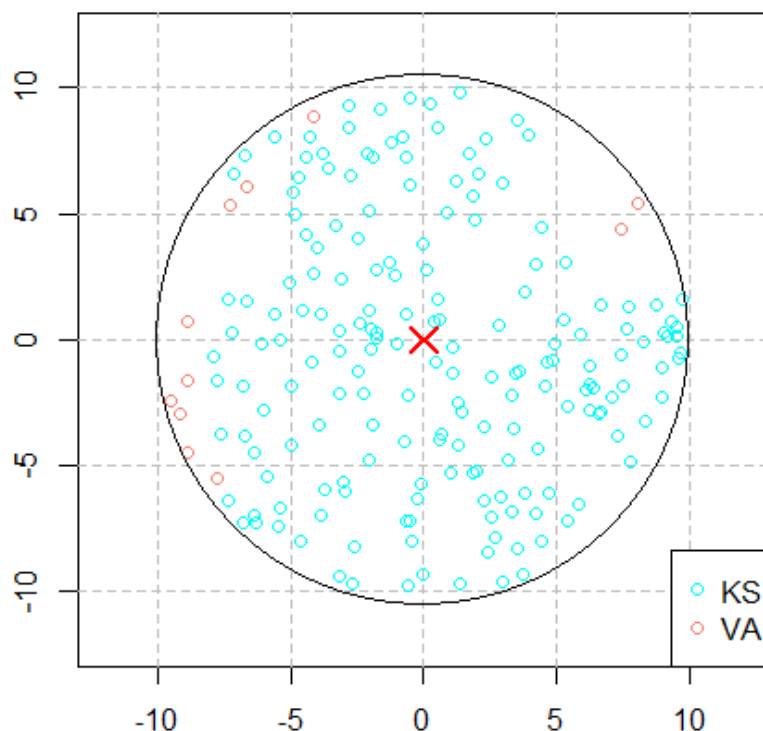
Proovitükil kasvasid ka üksikud kased, mille kõrgused jäid alla 1,3 meetri, ning üksikud kuused, mille kõrgused olid alla 0,5 meetri. Proovitükil mõõdeti neli lamapuud, esines üksikuid vanu kände.

2.4.2. Proovitükk 278

Joonisel 29 on tehtud foto proovitüki 278 tsentrist lääne suunas. Proovitüki skeemi (joonis 30) alusel võib väita, et sellel proovitükil on kase looduslik uuenemine toimunud efektiivsemalt. Proovitüki äärtes kasvasid vahtrad, kuid võrreldes proovitükiga 277 teisi puuliike sellel proovitükil ei kasvanud. Proovitükil mõõdeti üle 180 kase. Proovitüki puistu tiheduseks arvutati 5860 kaske, 350 vahtrat hektari kohta.



Joonis 29. Proovitükk 278 tsentrist lääne suunas.



Joonis 30. Proovitüki 278 puude asukohtade skeem (punane rist tähistab proovitüki tsentrit, teljed kaugust proovitüki tsentrist meetrites).

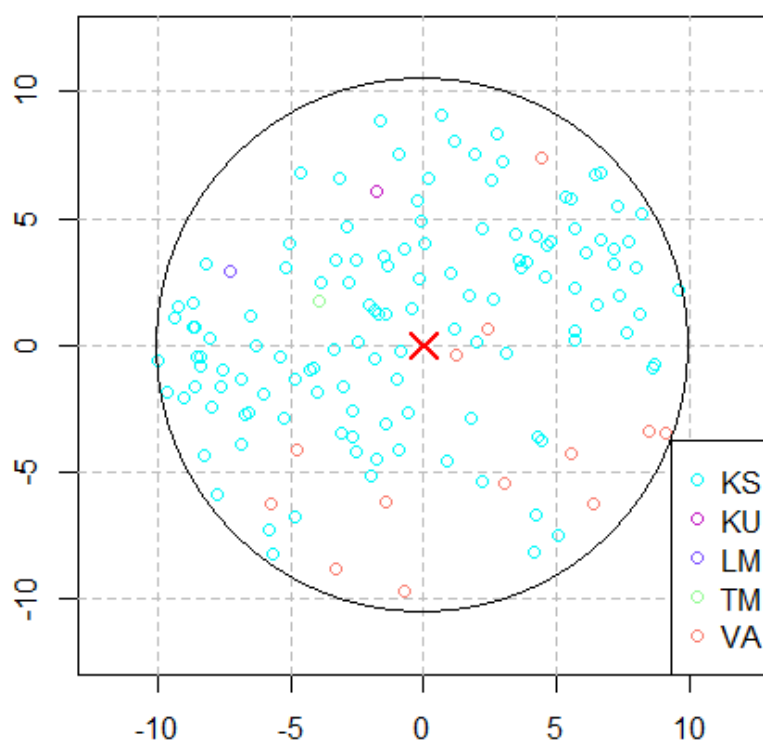
Proovitükil kasvasid üksikud kased, mille kõrgused ei ületanud 1,3 meetrit ning üksikud kuused, mille kõrgused küündisid 0,5 meetrini. Proovitükil mõõdeti 12 lamapuud, esines ka vanu lagunevaid kände.

2.4.3. Proovitükk 279

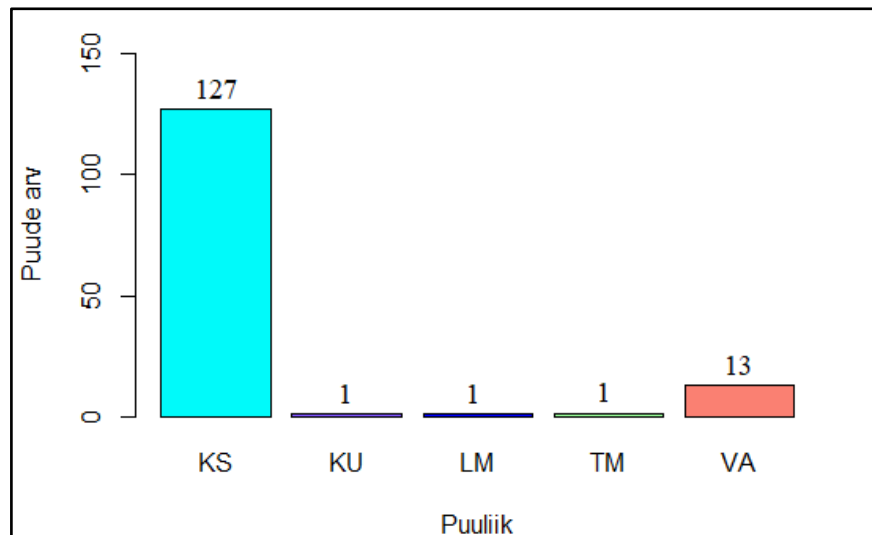
Joonisel 31 on foto proovitüki 279 tsentrist põhja suunas. Proovitükil kasvavate puude asukohtade skeem (joonis 32) näitab, kuidas valgustusraie mõjutab puude asukohti proovitükil. Proovitükil kasvas mitmeid teisi puuliike (joonis 31), kuid nende osakaal oli väiksem võrreldes proovitükiga 277. Proovitükil kasvas üksik kuusk, mille kõrguseks mõõdeti 2,1 meetrit. Proovitüki puistu tiheduseks arvutati 4045 kaske, 32 kuuske, 32 sangleppa, 32 toomingat, 414 vahtrat hektari kohta.



Joonis 31. Proovitükk 279 tsentrist põhja suunas.



Joonis 2.28. Proovitüki 279 puude asukohtade skeem (punane rist tähistab proovitüki tsentrit, teljed kaugust proovitüki tsentrist meetrites).

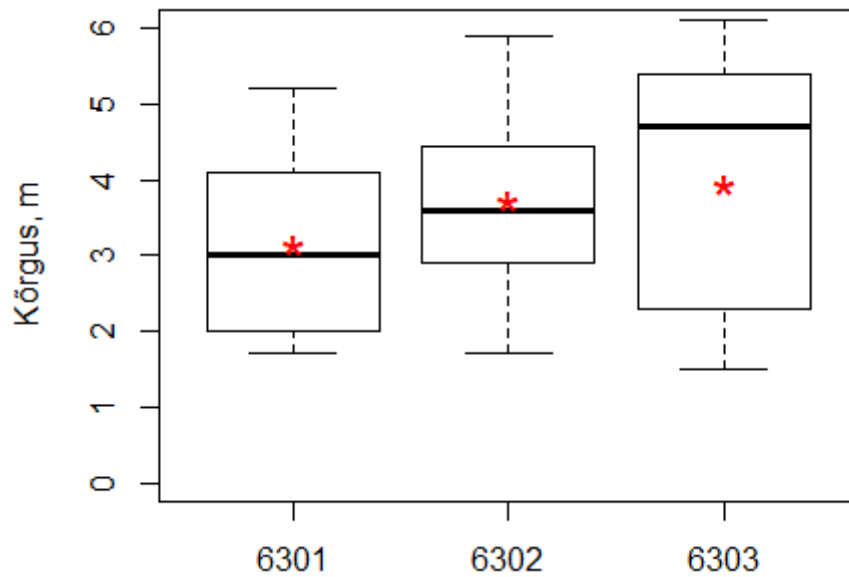


Joonis 32. Proovitükk 279 puude arv puuliikide kaupa.

Proovitükil kasvasid veel alla 1,3 meetrised kased ning üksikud vahtrad ja kuused, mille kõrgused ei küündinud samuti 1,3 meetrini. Proovitükil mõõdeti kümme lamapuud, esines vanu kände.

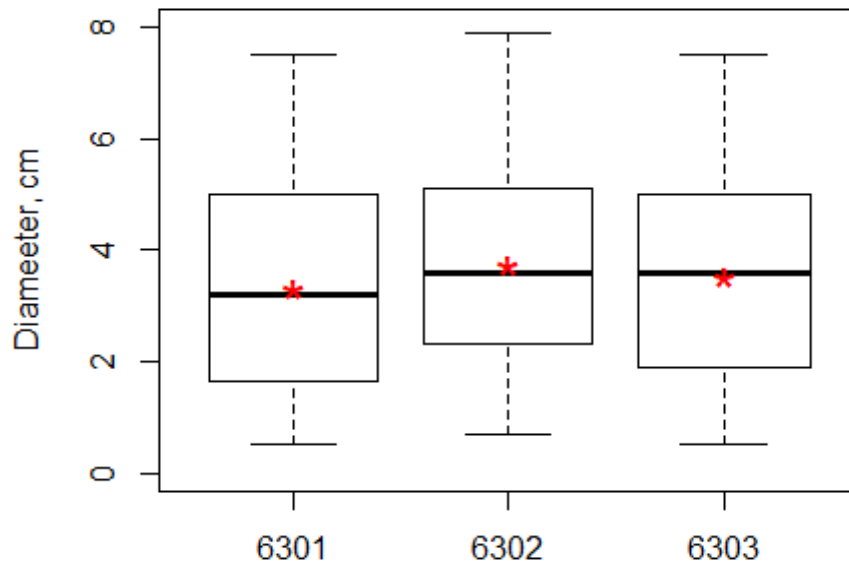
2.5. Proovitükkide kõrguste ja rinnasdiameetrite tulemused

Kuusiku proovitükkidest mõõdeti proovitükil 6303 kõige rohkem kuuski (93 kuuske), samas kui proovitükil 6301 mõõdeti kõige vähem (88 kuuske). Proovitükkide keskmiste kõrguste väärtused ei ole t-testi tulemusel erinevad proovitükkide lõikes ($p=0,17$). Samuti ei erinenud mõõdetud kõrguste dispersioonid erinevatel proovitükkidel ($p>0,05$). Kuusiku proovitükkidest mõõdeti suurim keskmine kõrgus ($4,0\pm 1,7$ m) proovitükil 6303 ja väikseim keskmine kõrgus ($3,2\pm 1,2$ m) proovitükil 6301. Kõrgeim kuusk (6,1 m) ja madalaim kuusk (1,5 m) mõõdeti proovitükil 6303.



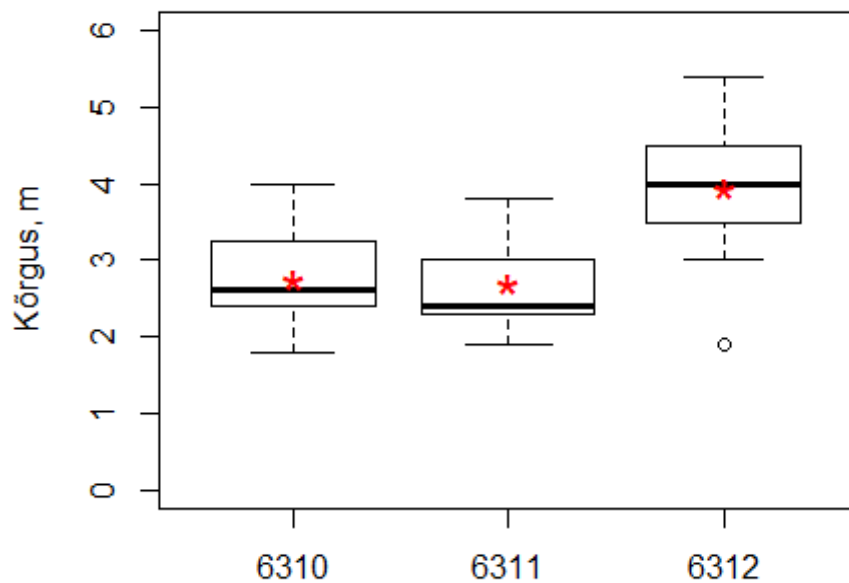
Joonis 33. Kuusikute proovitükkide kõrgusandmed (aritmeetilised keskmised on tähistatud punase tärniga, karpide laius on vastavuses valimi mahuga, joonisel on minimaalsed ja maksimaalsed väärtused, mediaan ja kastide servad 25% ja 75% kvantiil).

Keskuste rinnasdiameetrite väärtused ei ole erinevad proovitükkide lõikes ($p=0,30$). Samuti ei varieeru proovitükkide rinnasdiameetrite väärtused ($p>0,05$). Kõige kõrgema kuuse rinnasdiameeter oli 7,5 cm, kuid see ei olnud suurim mõõdetud rinnasdiameeter. Suurim rinnasdiameeter mõõdeti proovitükil 6302, kus mõõtmistulemuseks oli 7,9 cm. Kõige suurem keskmine rinnasdiameeter mõõdeti proovitükil 6302 (keskmine diameeter $3,7\pm 1,9$ cm) ja kõige väiksem proovitükil 6301 (keskmine diameeter $3,3\pm 1,9$ cm) (joonis 34).



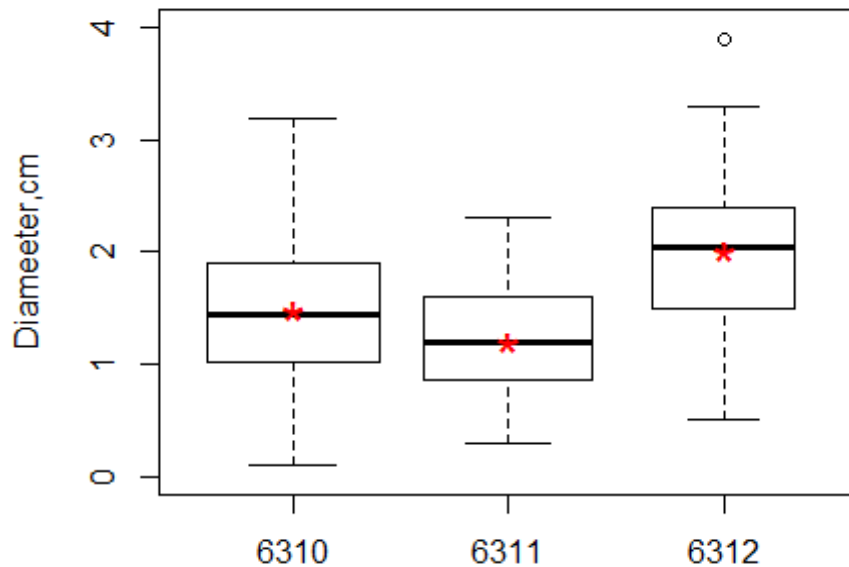
Joonis 34. Kuusikute rinnasdiameetrite andmed (aritmeetilised keskmised on tähistatud punase tärniga, karpide laius on vastavuses valimi mahuga, joonisel on minimaalsed ja maksimaalsed väärtused, mediaan ja kastide servad 25% ja 75% kvantiil).

Haaviku proovitükkidest kasvas kõige rohkem puid (80 haaba) proovitükil 6311 ja kõige vähem puid proovitükil 6312 (54 haaba). Haaviku proovitükkide keskmiste kõrguste väärtused erinevad ($p < 0,05$) vähemalt ühel proovitükil, samas polnud F-testi alusel puude kõrguste dispersioonid erinevate proovitükkide võrdluses erinevad ($p > 0,05$). Proovitükk 6312 keskmine kõrgus on t-testi statistiliselt erinev proovitükkide 6310 ja 6311 keskmistest kõrgustest. Proovitükkide 6310 ja 6311 keskmised kõrgused ei ole üksteisest erinevad ($p = 0,7$). Karpdiagrammil on näha, et proovitükil 6312 kasvavad kõrgemad haavad, kui teistel proovitükkidel (keskmise kõrgus $3,9 \pm 0,8$ m). Kõige kõrgem haab (5,4 m) kasvas proovitükil 6312. Kõige madalam haab (1,8 m) mõõdeti proovitükil 6310. Kõige väiksem keskmise kõrguse väärtus ($2,7 \pm 0,6$ m) mõõdeti proovitükil 6311 (joonis 35).



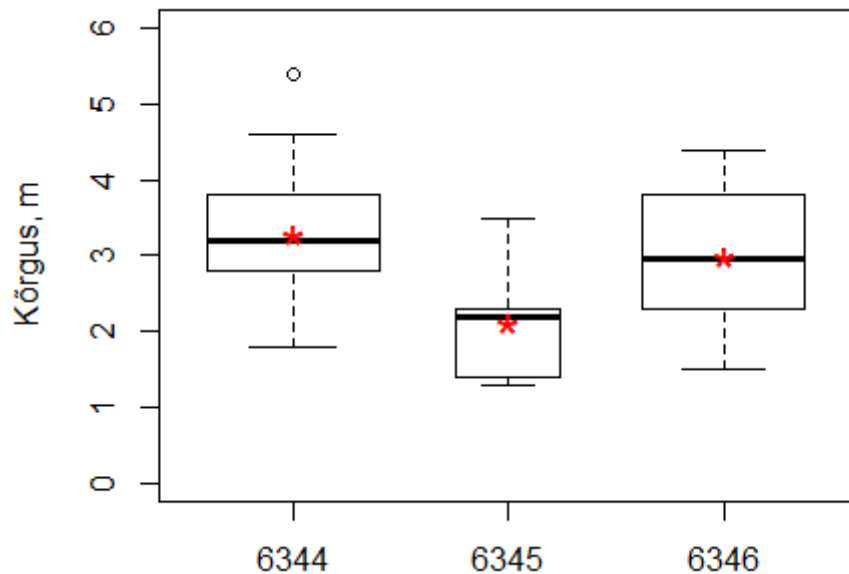
Joonis 35. Haavikute proovitükkide kõrgusandmed (aritmeetilised keskmised on tähistatud punase tärniga, karpide laius on vastavuses valimi mahuga, joonisel on minimaalsed ja maksimaalsed väärtused, mediaan ja kastide servad 25% ja 75% kvantiil).

Haaviku proovitükkide keskmised rinnasdiameetri väärtused erinevad vähemalt ühel proovitükil proovitükkide lõikes ($p < 0,05$). Proovitükk 6312 mõõdetud tulemused erinevad proovitükkidest 6310 ja 6311 ($p < 0,05$). Kõige suurem rinnasdiameeter (3,9 cm) mõõdeti puul, mis oli ka kõige kõrgem puu (proovitükk 6312). Kõige väiksem rinnasdiameeter mõõdeti proovitükil 6310 (0,1 cm). Kõige väiksem keskmise rinnasdiameeteriga ($1,2 \pm 0,5$ cm) puud kasvasid proovitükil 6311 ja kõige suurema keskmise rinnasdiameeteriga ($2,0 \pm 0,7$ cm) puud olid proovitükil 6312 (joonis 36).



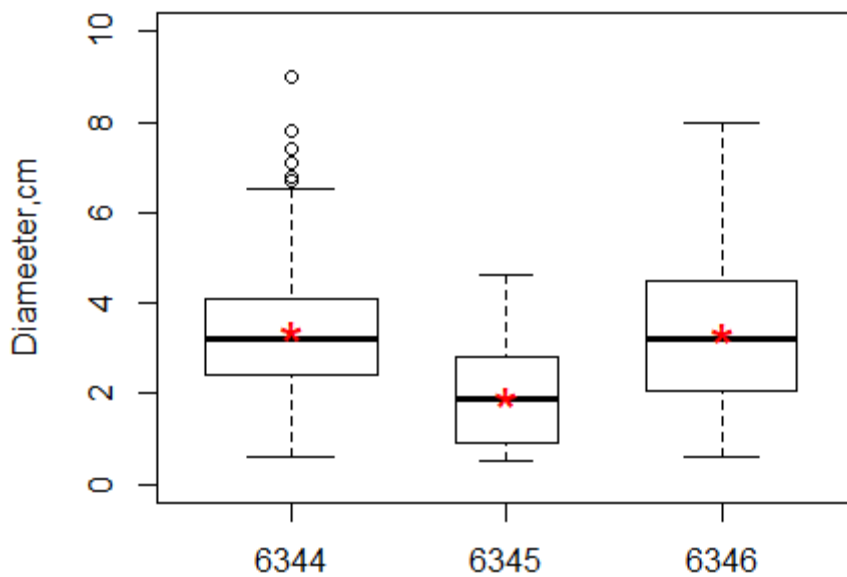
Joonis 36. Haavikute proovitükkide rinnasdiameetrite andmed (aritmeetilised keskmised on tähistatud punase tärniga, karpide laius on vastavuses valimi mahuga, joonisel on minimaalsed ja maksimaalsed väärtused, mediaan ja kastide servad 25% ja 75% kvantiil).

Dispersioonanalüüs tõestas, et männiku proovitükkide keskmiste kõrguste väärtused ei ole erinevad ($p=2,88$). Puude kõrguste dispersioonid on proovitükkidel erinevad, v.a. proovitükkide 6345 ja 6346, kus F-test tõestas, et kõrgused ei varieerunud ($p=0,19$). Proovitüki 6344 kõrguse dispersioon erines proovitükkidest 6345 ja 6346 ($p<0,05$). Männikute proovitükkidest kasvas mõõdetud puudest kõige rohkem mände proovitükil 6344 (127 mändi) ja kõige vähem proovitükil 6345 (45 mändi). Kõrgeim mänd mõõdeti proovitükil 6344 (5,4 meetrit), kus mõõdeti ka suurim keskmine kõrgus ($4,6 \pm 0,9$ m). Kõige madalam mänd kasvas proovitükil 6345 (3,5 meetrit) ning seal kasvasid ka kõige madalama ($2,1 \pm 0,7$ m) keskmise kõrgusega männid (joonis 37).



Joonis 37. Männikute proovitükkide kõrgusandmed (aritmeetilised keskmised on tähistatud punase tärniga, karpide laius on vastavuses valimi mahuga, joonisel on minimaalsed ja maksimaalsed väärtused, mediaan ja kastide servad 25% ja 75% kvantiil).

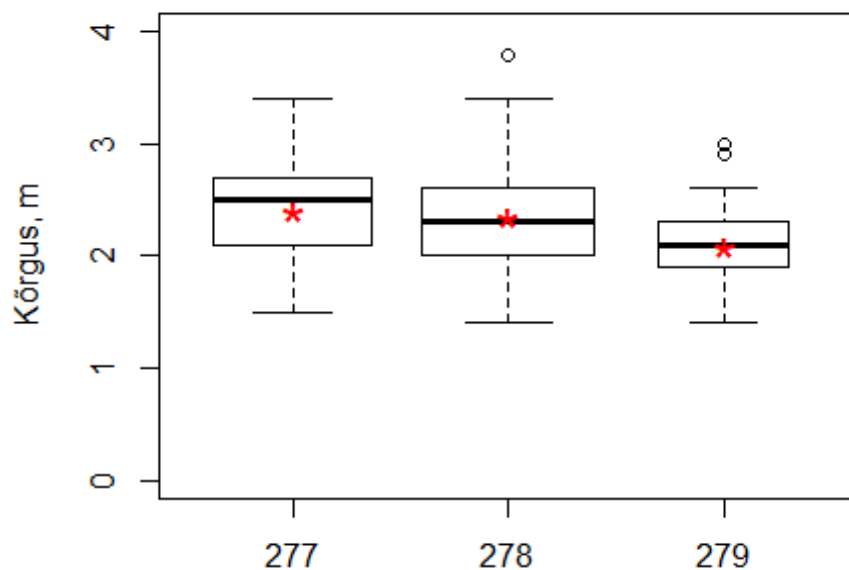
Dispersioonanalüüsist selgus, et männiku proovitükkide keskmised rinnasdiameetri väärtused erinevad vähemalt ühel proovitükil kolme proovitüki lõikes ($p=0,001$). Proovitükkide 6344 ja 6346 keskmised rinnasdiameetrid omavahel ei erinenud ($p=0,36$). Proovitükk 6345 keskmine rinnasdiameeter erineb teistest männiku proovitükkidest ($p<0,05$). Männikute proovitükkidest mõõdeti suurim rinnasdiameeter (9,0 cm) proovitükil 6344. Samal proovitükil mõõdeti mändide keskmiseks rinnasdiameetriks $3,7\pm1,5$ cm. Kõige väiksem rinnasdiameeter mõõdeti proovitükil 6345 (0,5 cm). Seal kasvasid väikseima keskmise diameetriga puud ($1,9\pm1,1$ cm, joonis 38).



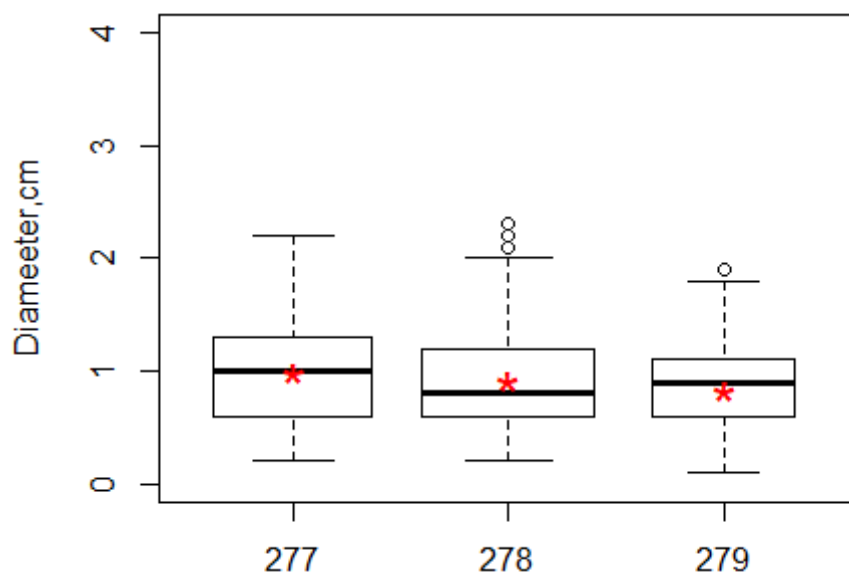
Joonis 38. Männikute proovitükkide rinnasdiameetrite andmed (aritmeetilised keskmised on tähistatud punase tärniga, karpide laius on vastavuses valimi mahuga, joonisel on minimaalsed ja maksimaalsed väärtused, mediaan ja kastide servad 25% ja 75% kvantiil).

Kaasiku proovitükkide dispersioonanalüüs tõestas, et keskmiste kõrguste väärtused ei ole proovitükkide lõikes erinevad ($p=0,08$). Kaasiku proovitükkide kõrguste dispersioonid ei varieeru proovitükkide lõikes ($p>0,05$). Kaasiku proovitükkidel mõõdetud puudest kõige madalamad puud mõõdeti proovitükkidel 278 ja 279 (mõlematel 1,4 m). Kõrgeim kask mõõdeti proovitükil 278 (3,8 m, joonis 39). Suurim keskmine kõrgus ($2,4\pm0,5$ m) mõõdeti proovitükil 277 ja väikseim keskmine kõrgus ($2,1\pm0,4$ m) mõõdeti proovitükil 279.

Kaasiku proovitükkide rinnasdiameetrite dispersioonid erinesid omavahel (F-test, $p<0,05$). Dispersioonanalüüs tõestas, et kaasiku proovitükkide keskmised rinnasdiameetrid erinesid proovitükkide lõikes ($p=0,007$). T-test tõestas, et omavahel erinesid proovitükkide 277 ja 279 keskmised rinnasdiameetrid ($p=0,015$). Kõikidel kaasiku proovitükkidel jäid puude rinnasdiameetrid alla 3 cm. Suurim rinnasdiameeter mõõdeti proovitükil 278 (2,3 cm). Suurim puude keskmine rinnasdiameeter ($1,0\pm0,6$ cm) oli proovitükil 277. Proovitükkidel mõõdetud väikseimad diameetrid olid 0,1–0,2 cm (joonis 40).



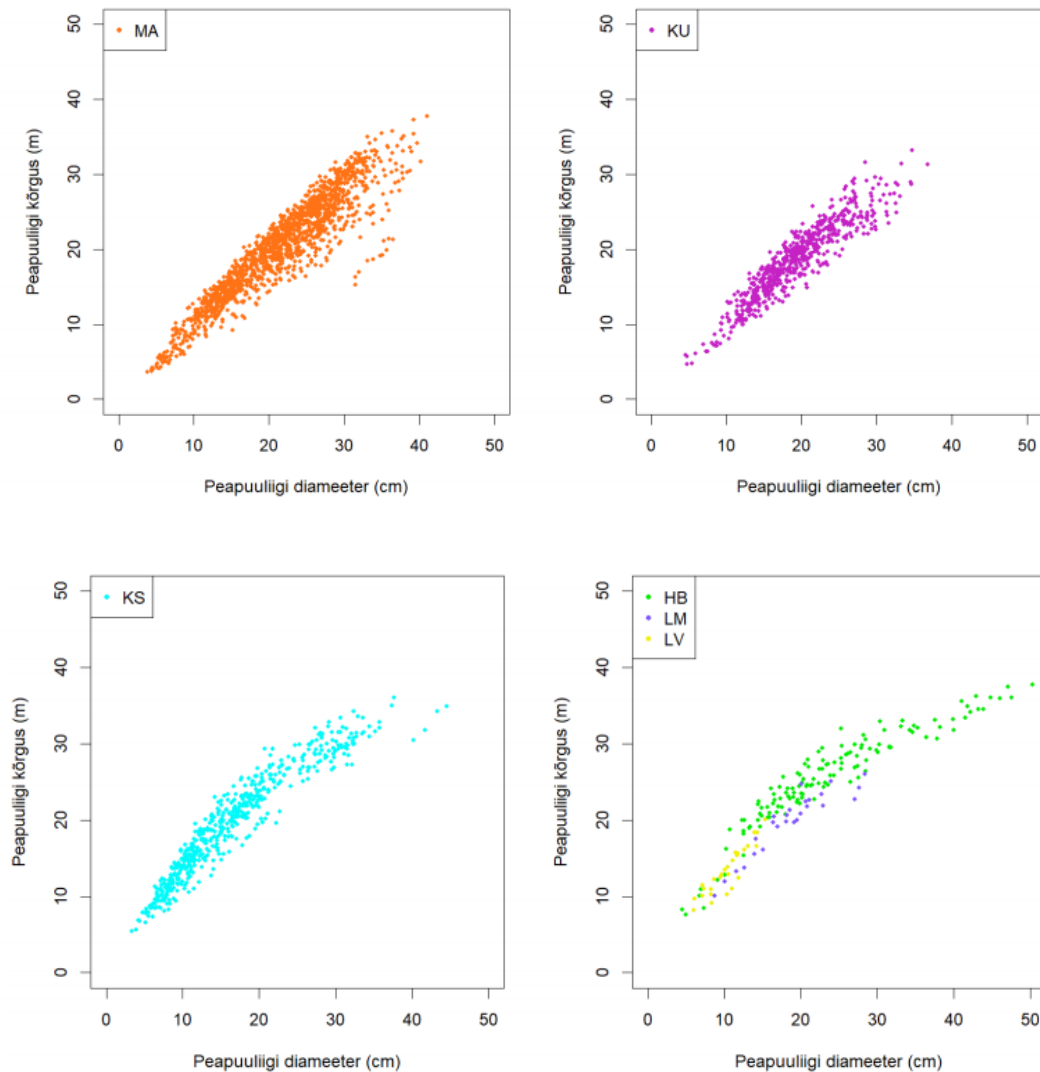
Joonis 39. Kaasikute proovitükkide kõrgusandmed (aritmeetilised keskmised on tähistatud punase tärniga, karpide laius on vastavuses valimi mahuga, joonisel on minimaalsed ja maksimaalsed väärtused, mediaan ja kastide servad 25% ja 75% kvantiil).



Joonis 40. Kaasikute proovitükkide rinnasdiameetrite andmed (aritmeetilised keskmised on tähistatud punase tärniga, karpide laius on vastavuses valimi mahuga, joonisel on minimaalsed ja maksimaalsed väärtused, mediaan ja kastide servad 25% ja 75% kvantiil).

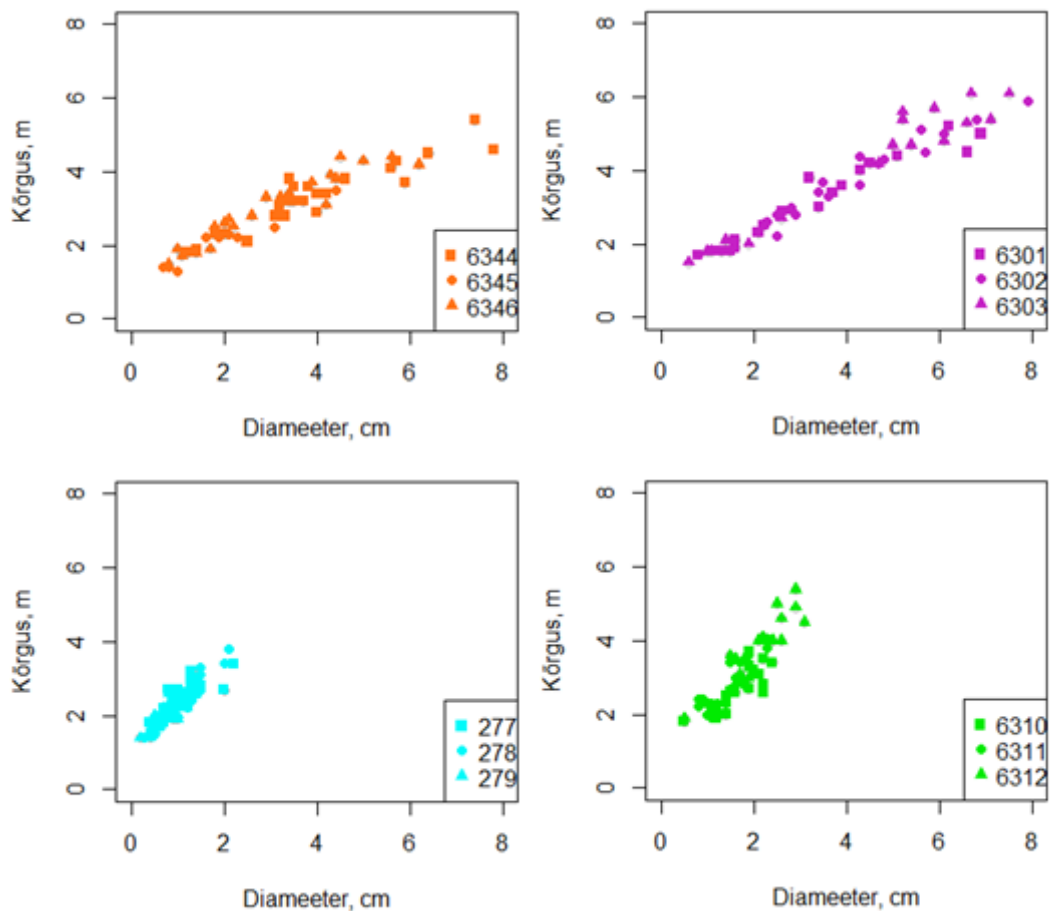
3. ARUTELU

Noortesse puistutesse proovitükkide rajamine ja nende proovitükkide kordusmõõtmine annab andmestiku, mille alusel on võimalik jälgida puistu arengut erinevates arenguklassides kogu puistu eluea vältel ning prognoosida olulisi muutusi metsa kasvus. Mõõtmismetoodika (Kiviste 2017) kohaselt algasid senini rajatud Eesti metsa kasvukäigu võrgustikus asuvate püsiproovitükkide rinnasdiameetrid alates 4 cm (joonis 41). Praeguseni puudusid noorendike (keskmine rinnasdiameeter 6 cm) andmed.



Joonis 41. Peapuuliigi keskmise diameetri ja keskmise kõrguse hajuvusdiagrammid (joonis 1.5. Tarmu 2018).

Käesoleva töö üheks eesmärgiks oli saada andmestik noorte puistute kohta. Joonis 42 annab ülevaate töö käigus rajatud püsiproovitükkide puude diameetri-kõrguse suhte kohta. Uue mõõtmismetoodikaga mõõdetud puude andmed on alguseks noorendike andmestiku kogumiseks. Hajuvusdiagrammidel on näha, et haaviku ja kaasiku proovitükkidel kasvasid väiksemate kõrguste ja rinnasdiameetritega puud võrreldes kuusiku ja männiku proovitükkidega.



Joonis 42. Peapuuliigi rinnasdiameetri ja kõrguse hajuvusdiagrammid noortes puistutes.

Proovitükkide omavahelisel võrdlemisel tõestati dispersioonanalüüsiga, et keskmiste kõrguste väärtused erinesid vähemalt ühel haaviku proovitükil. Kaasiku, kuusiku ja männiku proovitükkide keskmised kõrgused ühe eraldise piires omavahel ei erinenud. Rinnasdiameetrite dispersioonanalüüs tõestas, et kuusiku proovitükkidel keskmised rinnasdiameetri väärtused omavahel ei erinenud, samas kui kaasiku, männiku ja haaviku

proovitükkide analüüs tõestas vastupidist (ühe eraldise kolm proovitükki olid omavahel erinevad). Kõikide proovitükkide kõrguste dispersioonid ei erinenud puuliigi siseselt üksteisest, samas erinesid puude rinnasdiameetrite dispersioonid proovitükkide lõikes, va kuusiku proovitükid. See tulemus kinnitab mitme proovitüki rajamise vajalikkust ühe eraldise piires.

Noorendikke on uuritud ka varemalt, kasutatud on erinevaid mõõtmismetoodikad ja algandmed. Näiteks on varasemalt uuritud noorte kaasikute kasvukäiku endisel põllumajandusmaal, kus kasutati Eesti-Rootsi koostööprojekti SWEBALTCOP (1999) raames rajatud üle-eestilisi arukase kasvatamise ja hooldamise näidisaladele rajatud püsiproovitükkide andmeid. Näidisaladeks olid nii arukasekultuur kui ka looduslikult uuenenud kaasikud. Leiti, et 14-aastased arukasekultuurid ületavad kasvult 16–20-aastaseid looduslikult uuenenud kaasikuid ning puude keskmine rinnasdiameeter sõltub puistu tihedusest (Lutter 2013). Lisaks on uuritud kase noorendike biomassi tootlikkust ja süsiniku sidumist. Võrreldes metsamaal ja endistel põllumajandusmaadel kasvavaid noori puistuid leiti, et metsamaal kasvavad puistud seovad süsinikku rohkem. Samuti leiti, et noorendikes on biomassi tootlikkus suurem kui keskealises puistus (Uri jt 2012).

Kuusenorendikke on uuritud magistritöös, mille eesmärgiks oli leida kuuse eeluuenduses valikuid, mille alusel uuendusraiel välja valida tulevikupuud. Töös võrreldi ladvavõrse pikkusi aastate kaupa, mis andis ülevaate puude kasvu muutustest, kuid mõõdeti ka puude kõrgused ja diameetrid juurekaelalt (Kaljund 2014).

Kobarpüsiproovitükkide mõõtmismetoodikaga saadud andmete põhjal on uuritud noorendike kõrguskasvu arengudünaamikat analüüsides puude kõrgusjaotusi (Kängsepp 2013). Samade andmete põhjal on analüüsitud erinevate kõrguskõverate sobimist noorte puude kasvu kirjeldamiseks, kus kõige paremaks kõrguskõveraks osutus lineaarne mudel. Kõrguste hindamiseks ei sobinud Kohava ja Padari mudelid (Laanesoo 2017). Selliseid (nt Kängsepp 2013, Lutter 2013, Uri jt 2012, Kaljund 2014) andmeid ei saa aga lisada Eesti metsa kasvukäigu püsiproovitükkide võrgustikku, kuna nende mõõtmismetoodikad ja proovitükkide rajamise eesmärgid on olnud erinevad.

Käesolev töö on esimeseks sammuks noorendike andmestiku rajamisel ning Eesti metsa kasvukäigu püsiproovitükkide võrgustiku täiendamisel vastavate andmetega. Edaspidi tuleb

proovitükke juurde rajada, et saadud andmestik oleks esinduslik ning saadavate andmete põhjal oleks võimalik koostada erinevaid mudeleid.

KOKKUVÕTE

Eesti metsa kasvukäigu püsiproovitükkide (KKPRT) võrgustiku proovitükid on rajatud enamasti keskealistesse või vanematesse puistutesse. Mitmed proovitükid on läbinud lageraie ning noorendikesse ei olnud seni rajatud uue mõõtmismetoodikaga proovitükke. Puudus täielikult andmestik alla 4 cm puudest, mille alusel saaks teha prognoose noore metsa kasvus.

Käesoleva töö eesmärgiks oli rajada endistele lageraie läbinud Eesti metsa kasvukäigu püsiproovitükkidele uue mõõtmismetoodikaga uuesti püsiproovitükid, mis on esimene samm noorendike andmestikust aastast 2018. Järgnevalt tuleb noorendikesse proovitükke juurde rajada, et andmestik oleks esinduslik ning saadavate andmete põhjal oleks võimalik koostada erinevaid mudeleid.

Eestis on varasemalt uuritud metsamaa ja endisel põllumajandusmaal kasvavaid noorendikke. Samuti on uuritud noorte puistute kõrguskõverate mudeleid, noorte kuusikute eeluendust ning arukasekultuure ja loodusliku uuenemist. Kõik nimetatud uurimused ei ole seotud Eesti metsa kasvukäigu püsiproovitükkide võrgustikuga. Väljaspool Eestit on noorendike uurinud näiteks Soome ja Rootsi.

Käesoleva töö eesmärgi täitmiseks rajati 2018. aasta suvel ja 2019. aasta kevadel püsiproovitükid noorde männikusse, kuusikusse, haavikusse ja kaasikusse. Proovitükkide rajamisel oli kriteeriumiks, et proovialad oleksid läbinud varasemalt valgustusraie. Kaasikute proovitükid rajati lektor Andres Jääratsi projektis (valgustusraie mõju) uuritud alale. Püsiproovitükkidel mõõdeti ära kõik puud, mille kõrgus oli vähemalt 1,3 meetrit. Puudel mõõdeti diameeter, kaugus proovitüki tsentrist ja asimuut. Mudelpuudel mõõdeti lisaks kõrgus ja elusa võra algus. Proovitükkide kirjeldamisel kasutati proovitükkidel tehtud fotosid ja statistikapaketti R'is loodud skeeme ning graafikuid. Proovitükkide võrdlusanalüüsid tehti programmis *MS Excel*.

Lisaks tehti proovitükkidel loendusruudud, mis kirjeldaks puude hulka, mis jäid alla 1,3 meetri. Loendusruutude (1 m^2) arv varieerus proovitükkide lõikes sõltudes proovitüki homogeensusest.

Looduslikult uuenenud aladel (haaviku, männiku ja kaasiku proovitükid) võis märgata, et puistus ei olnud looduslik uuenemine ühtlane. Männiku proovitükkidel oli puude paigutus väga hõre. Männiku proovitükkidel võis puude kasvu ja levikut mõjutada maapinna ebapiisav ettevalmistus, ulukikahjustused ja seemnepuude kaugus, kuna proovitükkidel oli märgata seemnepuu kaugusest tulenevat erinevust. Haaviku proovitükkidel ei olnud puude paigutus nii ebaühtlane kui männiku proovitükkidel, mis näitab valgustusraie kvaliteeti. Kuusiku ja haaviku püsiproovitükkidel kasvas hulgaliselt kännuvõsu. Võrreldes haaviku, kuusiku ja männiku proovitükkidega oli kaasiku proovitükkide puistu tihedam. Vanim peapuuliigi vanus (11) oli männiku proovitükkidel ja noorim peapuuliigi vanus (7) oli kaasiku proovitükkidel.

Iga eraldise proovitükkide andmetel analüüsiti kõrguste ja rinnasdiameetrite keskmisi väärtusi. Selleks püstitati sisukas hüpotees, mis väitis, et keskmiste kõrguste ja rinnasdiameetrite väärtused ei erine proovitükkide lõikes. Selleks kasutati dispersioonanalüüsi, kus hüpoteesi tõestamiseks pidi analüüsi vastuse olulisuse tõenäosus ehk p-väärtus jääma alla 0,05. Puude kõrguste ja rinnasdiameetrite dispersioonide võrdlemiseks erinevatel proovitükkidel (ühe eraldise piires) kasutati F-testi (erinevuse tõestamiseks pidi testi p-väärtus jääma alla 0,05). Ühe eraldise proovitükkide võrdluses selgus, et keskmised rinnasdiameetrid erinesid omavahel ainult haaviku proovitükid ja keskmised kõrgused ei erinenud omavahel vaid kuusiku proovitükkidel. Ühe eraldise omavahelised erinevused kinnitavad mitme proovitüki rajamise vajalikkust ühte eraldisse. Selleks, et puistu varieeruvuse kirjeldus oleks tagatud. Proovitükkide omavahelisel võrdlemisel tõestati ühel eraldisel mitme proovitüki rajamise vajalikkust.

KASUTATUD KIRJANDUS

- Fahlvik, N., Nyström, K.** (2006). Models for predicting individual tree height increment and tree diameter in young stands in southern Sweden. – *Scandinavian Journal of Forest Research* 21 (Suppl 7). Pages 16–28.
- Huuskonen, S., Miina, J.** (2007). Stand-level growth models for young Scots pine stands in Finland. – *Forest Ecology and Management* 241. Pages 49–61.
- Kaljud, R.** (2014). Hariliku kuuse eeluuenduse kasv lageraie järgselt Järvelja püsiproovitükkide näitel. Magistritöö. Eesti Maaülikooli metsandus- ja maaehitusinstituut. Tartu. 56 lk.
- Kangur, A., Laarmann, D., Hordo, M., Sims, A., Korjus, H., Lilleleht, A., Kiviste, A.** (2013). Kasvukäigu püsiproovitükkide väärtus puistu kasvu kirjeldamisel. – *Eesti Mets* 4. Lk. 42-48.
- Kiviste, A.** (2007). Matemaatiline statistika *MS Exceli* keskkonnas. Tartu. 86 lk.
- Kiviste, A., Hordo, M.** (2002). Eesti metsa kasvukäigu püsiproovitükkide võrgustik. – *Metsanduslikud uurimused XXXVII*. Vol. 37. Lk. 43–58.
- Kiviste, A., Hordo, M., Kangur, A., Kardakov, A., Laarmann, D., Lilleleht, A., Metslaid, S., Sims, A., Korjus, H.** (2015). Monitoring and modeling of forest ecosystems: the Estonian Network of Forest Research Plots. – *Metsanduslikud uurimused*. Vol. 62. Lk. 26–38.
- Kiviste, A., Laarmann, D., Allikmäe, E., Kängsepp, V.** (2017). Metsa kasvukäigu püsiproovitükkide võrgustiku kordusmõõtmine. – *KIK metsanduse 2015. a. programmi projekt nr. 10931 lõpparuanne*. 65 lk.
- Kiviste, A., Laarmann, D., Sims, A.** (2016). Metsa kasvukäigu püsiproovitükkide võrgustiku kordusmõõtmine 2015. – *KIK metsanduse 2014. a. programmi projekt nr. 9245 lõpparuanne*. 59 lk.
- Kängsepp, V.** (2013). Looduslikult uuenenud noorendike kõrguskasvu dünaamika analüüs Järvelja püsikatsealadel. Magistritöö. Eesti Maaülikooli metsandus- ja maaehitusinstituut. Tartu. 97 lk.
- Kängsepp, V., Kangur, A., Kiviste, A.** (2015). Looduslikult uuenenud lehtpuuenamusega noorte segapuistute kõrgusjaotuse dünaamika Järvelja püsikatsealadel. – *Metsanduslikud uurimused*. Vol. 63. Lk 100–110.
- Laanesoo, R.** (2017). Looduslikult uuenenud noorendike üldistatud kõrguskõverate analüüs Järvelja püsikatsealade mõõtmisandmetel. Bakalaureusetöö. Eesti Maaülikooli metsandus- ja maaehitusinstituut. Tartu. 45 lk.
- Laas, E.** (2004). Okaspuud. Tartu: Altex. 359 lk.

- Lutter, R.** (2013). Noorte kaasikute kasvukäik endisel põllumajandusmaal. Magistritöö. Eesti Maaülikooli metsandus- ja maaehitusinstituut. Tartu. 119 lk.
- Metsaregister** (2019). Metsaportaal. <https://register.metsad.ee/>. (23.05.2019).
- Metsa korraldamine juhend.** (2009). Keskkonnaministri 16. jaanuari 2009. a. määruse nr. 2 „Metsa korraldamise juhend“ lisa 3. – *Riigi Teataja*. <https://www.riigiteataja.ee/akt/13124148>. (23.05.2019).
- Nõuandeid metsauuenduseks.** (2019). Riigimetsa majandamise keskus. <https://www.rm.k.ee/et>. (23.05.2019).
- Padari, A., Metslaid, S., Kangur, A., Sims, A. and Kiviste, A.** (2009). Modelling Stand Mean Height in Young Naturally Regenerated Stands – a Case Study in Järvselja, Estonia. *Baltic Forestry*. Vol. 15 (2). Pages 226–236.
- R Core Team.** (2019). R: A language and environment for statistical computing. *R Foundation for statistical computing*. Vienna. <http://www.R-project.org/>. (23.05.2019)
- Tarmu, T.** (2018). Puistu ülakõrguse modelleerimine puistu kasvukäigu püsiproovitükkide andmeil. Magistritöö. Eesti Maaülikooli metsandus- ja maaehitusinstituut. Tartu. 70 lk.
- Uri, V., Varik, M., Aosaar, J., Kanal, A., Kukumägi, M., Lõhmus, K.** (2012). Biomass production and carbon sequestration on fertile silver birch (*Betula pendula* Roth) forest chronosequence. – *Forest Ecology and Management*. Vol. 267. Pages 117–126.
- Valgustusraied.** (2019). Erametsakeskus. <https://www.eramets.ee/>. (15.05.2019)

Lihtlitsents lõputöö salvestamiseks ja üldsusele kättesaadavaks tegemiseks ning juhendajate kinnitus lõputöö kaitsmisele lubamise kohta

Mina, Mariliis Pahva,

sünniaeg 18.12.1995,

1. annan Eesti Maaülikoolile tasuta loa (lihtlitsentsi) enda koostatud lõputöö

Lageraiejärgselt proovitükkide taasrajamine KKPRT võrgustikus,

mille juhendajad on Vivika Kängsepp ja Diana Laarmann,

1.1. salvestamiseks säilitamise eesmärgil,

1.2. digiarhiivi DScape lisamiseks ja

1.3. veebikeskkonnas üldsusele kättesaadavaks tegemiseks kuni autoriõiguse kehtivuse tähtaja lõppemiseni;

2. olen teadlik, et punktis 1 nimetatud õigused jäävad alles ka autorile;

3. kinnitan, et lihtlitsentsi andmisega ei rikuta teiste isikute intellektuaalomandi ega isikuandmete kaitse seadusest tulenevaid õigusi.

Lõputöö autor _____
(allkiri)

Tartu, _____
(kuupäev)

Juhendajate kinnitus lõputöö kaitsmisele lubamise kohta

Luban lõputöö kaitsmisele.

(juhendaja nimi ja allkiri)

(kuupäev)

(juhendaja nimi ja allkiri)

(kuupäev)